

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION		
	De la prévision des prix à la prévision de la volatilité	13
I)	Les inconstances de la volatilité	17
	1) <i>La marche au hasard</i>	19
	2) <i>Quelles alternatives à la loi de Gauss ?</i>	23
II)	Interprétation théorique de la volatilité	25
	1) <i>Les sources exogènes de la volatilité</i>	26
	2) <i>Les sources endogènes de la volatilité</i>	28
III)	La dynamique complexe	34
	1) <i>Définition</i>	34
	2) <i>Implications en terme de volatilité</i>	38
	3) <i>Questions, hypothèses et plan</i>	42
IV)	Les données	44
 PREMIERE PARTIE		
	Dynamique chaotique et changements de régime	46
 CHAPITRE 1		
	Identité statistique de la série	49
I)	Comportement des moments empiriques	49
II)	La distribution des variations de prix	52
	1) <i>Une distribution normale ?</i>	52
	2) <i>Une distribution changeant dans le temps : mesure de l'exposant caractéristique</i>	56
	3) <i>Mesurer la volatilité : quelle longueur d'échantillon retenir ?</i>	58
III)	Absence de cycles réguliers et présence de non linéarités	60
	1) <i>Cycles périodiques</i>	60
	2) <i>Non linéarités</i>	62
	a) Le test ARCH de non linéarité par la variance	64
	b) Le test Hsieh des moments d'ordre 3	67
 CHAPITRE 2		
	Propriétés dynamiques : les enjeux	71
I)	L'espace des phases	72
II)	Chaos et économie	76
	1) <i>Des chocs mis en boîte</i>	76
	2) <i>Anticipations et incertitude</i>	79
	3) <i>Mesures et probabilités</i>	81
	4) <i>Incertitude et politiques</i>	87

CHAPITRE 3	
Propriétés dynamiques : les outils	91
I) Les mesures	91
1) <i>Dimension de l'attracteur</i>	92
2) <i>La sensibilité aux conditions initiales</i>	94
II) Les tests	95
1) <i>Le test BDS</i>	96
2) <i>Les tests de mémoire longue</i>	97
a) <i>La statistique R/S</i>	99
b) <i>La statistique de Lo</i>	102
CHAPITRE 4	
Propriétés dynamiques : mesures et tests	105
I) Mesures	105
1) <i>Dimension de corrélation</i>	105
2) <i>Exposant de Lyapunov</i>	107
II) Test BDS de bruit blanc	108
1) <i>Ecriture du modèle</i>	108
2) <i>Test BDS</i>	111
III) Tests de mémoire longue	116
1) <i>Statistique R/S et statistique de Lo</i>	117
2) <i>Test d'égalité des variances en périodes rose et grise</i>	123
CHAPITRE 5	
Des changements de régime aux changements de la volatilité	125
I) Un modèle univarié de changements de régimes avec chaînes de Markov	126
1) <i>Application à Dpalme, 1818-1997</i>	130
2) <i>Application à Dpalme, 1960-1997</i>	136
II) Un modèle bivarié à deux horizons temporels avec chaînes de Markov	140
1) <i>Application à Dpalme, 1960-1997</i>	142
2) <i>Application à Dpalme, 1818-1997</i>	146

DEUXIEME PARTIE	
Vitesse d'ajustement et taille de marché	148
CHAPITRE 6	
Liverpool	150
I) A l'origine de l'échange : Leblanc et Chevreul	153
II) L'offre d'huile de palme au XIX ^e siècle	158
III) La demande d'huile de palme au XIX ^e siècle	160
CHAPITRE 7	
Rotterdam, Hambourg, Marseille	170
I) Rotterdam, l'entrée continentale	170
1) <i>Margarine et commerce</i>	172
2) <i>Margarine : antécédents et histoire</i>	174
3) <i>L'approvisionnement</i>	180
II) Hambourg triture	183
III) Marseille supplante Bordeaux	185
CHAPITRE 8	
Guerres, grain, gras	190
I) Une transition alimentaire : lipides et sucre	191
1) <i>En Europe puis en Asie</i>	191
2) <i>Les effets de la transition alimentaire sur l'échange</i>	200
II) Protectionnisme et préférence pour l'Empire	203
III) Modifications de la géographie de l'échange	209
CHAPITRE 9	
De l'hévéa au palmier	213
I) Etat, Felda, Palmiers	213
II) Le rôle des institutions	219
III) Recherche privée et innovations	221
1) <i>Les entrepreneurs</i>	221
2) <i>Les conditions initiales</i>	224
3) <i>Les innovations</i>	228
CHAPITRE 10	
Les déterminants des changements de la volatilité	238
I) Les déterminants : entretiens	240
II) Tests de cointégration : la méthode	252
III) Application : période 1960-1997	253
IV) Application : période 1879-1939	256
1) <i>Séries « PALME » et « ARACHIDE »</i>	257
2) <i>Séries « PALME » et « BEURRE »</i>	258
3) <i>Séries « PALME » et « LIN »</i>	259

TROISIEME PARTIE	
Deux modèles déterministes des changements de la volatilité	264
CHAPITRE 11	
Un modèle à deux horizons et un produit	265
I) Le tâtonnement walrasien formalisé par Samuelson	266
1) <i>La version linéaire de l'ajustement</i>	267
2) <i>Un modèle non linéaire</i>	272
II) Un modèle à deux horizons	276
1) <i>Une duplication du modèle Day-Huang</i>	276
2) <i>Une modification du modèle Day-Huang ou modèle Rotterdam/Bombay</i>	280
3) <i>Applications numériques</i>	283
III) Les changements de la volatilité	291
CHAPITRE 12	
Un modèle à deux horizons et deux produits	297
I) Un modèle à deux produits ou modèle Palme/Soja	298
1) <i>Le marché de l'huile de palme ou marché Rotterdam/Bombay</i>	300
2) <i>Le marché de l'huile de soja ou marché Rotterdam/Chicago</i>	302
3) <i>Clearing</i>	304
II) Simulations du modèle Palme/Soja	305
1) <i>Variations simultanées des vitesses d'ajustement sur les marchés de l'huile de palme et de l'huile de soja</i>	305
2) <i>Accroissement de la vitesse de réaction du négociant « Bombay », les autres horizons d'échange étant fixés</i>	309
III) Un modèle de changements de la volatilité, 1818-1997	314
CONCLUSION	319
Bibliographie	323
Liste des tableaux	7
Liste des graphiques	9

LISTE DES TABLEAUX

	Page
1.1 : Distribution de DPALME, 1818-1997	52
1.2 : Mesure de l'exposant caractéristique α et de la symétrie Série Dpalme	57
1.3 : Résultat du test ARCH de corrélation des variances	64
1.4 : Test de non linéarité par la variance sur plusieurs sous échantillons	65
1.5 : Corrélation des moments d'ordre 3 : t statistiquesérie Dpalme filtrée	69
3.1 : Fractiles de la distribution $F_V(v)$ de Lo	102
4.1 : Test ADF de racine unitaire sur Palme, 1818-1997	108
4.3 : Test BDS sur Palme différenciée (Dpalme) et séries filtrées	112
4.4 : Estimation du modèle Dpalme-AR18	113
4.5 : Estimation du modèle Dpalme-AR-Garch	114
4.6 : calcul de l'exposant de Hurst par régression	117
4.7 : statistique R/S (notée \tilde{Q}_n) classique	117
4.8 : Statistique V de Lo	117
4.9 : Entrées et sorties des zones d'anti-persistance	119
4.10 : Test F de Fischer d'égalité de la variance entre les régimes	123
5.1 : Estimation du modèle de changement de régime, variable DPALME	131
5.2 : Analyse des résidus, modèle de Hamilton, 1818-1997	132
5.3 : Estimation d'un modèle de changement de régimes, série DPALME, 1960-1997	136
5.4 : Analyse des résidus, 1960-1997	139
5.5 : Estimation d'un modèle bivarié de changement de régimes 1960-1997	142
5.6 : Test de spécification, modèle bivarié, 1960-1997	145
5.7 : Test de spécification, modèle bivarié, 1818-1997	146
6.1 : consommation apparente de savon par tête en Grande-Bretagne 1801-1861	155
6.2 : Innovations I (XVII ^e siècle - 1860)	156
6.3 : Moyenne annuelle des importations britanniques d'huile de palme	159
6.4 : Première formulation du savon Sunlight de Lever	164
6.5 : Seconde formulation des savons Sunlight de Lever	165
7.1 : Innovations II, 1850-1915	175
7.2 : Taux de conversion des oléagineux en équivalent huile, 1906-1918	181
7.3 : Consommation d'huiles et graisses par tête en 1909-13	189
8.1 : Importations en France (poids en milliers de tonnes) en 1913	191
8.2 : Calcul des élasticités revenu et prix de la consommation d'huile, France 1835-1964	195
8.3 : consommation d'huiles et graisses par tête dans différents pays, 1909-1938	196
8.4 : consommation d'huiles et graisses par tête aux USA, 1921-25	197
8.5 : Droits de douane sur le marché allemand en reichsmarks/q., 1909-36	206
8.6 : Droits de douane et taxes d'accise, USA 1913-1936	
8.7 : Pourcentage de suif et d'huile de palme utilisés dans l'industrie britannique de la savonnerie, 1909-1936	207
9.1 : Répartition des dépenses publiques, Malaisie 1961-90	215
9.2 : Population urbaine en Péninsule malaysienne, par communautés (%), 1957-1980	216
9.3 : Evolution de la palmeraie malaysienne, 1960-1995	219
9.4 : Surfaces des palmeraies en Malaisie (1000 ha), 1960-84	221
9.5 : Le boom de la guerre de Corée, plantations d'hévéa	222

9.6 : superficie des palmeraies sur la côte est de Sumatra (<i>Culture Zone</i>)	226
9.7 : Composition moyenne de fruits mûrs provenant de Malaisie et du Nigéria	230
10.1 : Chronique d'une disparition	253
10.2 : Chronique d'une disparition (bis)	254
10.3 : SOJA implique PALME au sens de Granger	255
10.4 : SOJA implique PALME au sens de Granger, deux périodes	255
10.5 : PALME implique SOJA au sens de Granger, deux périodes	256
10.6 : SUIF implique PALME au sens de Granger, deux périodes	256
10.7 : PALME implique SUIF au sens de Granger, deux périodes	256
10.8 : taille de marché et vitesse d'ajustement, 1818-1997	263
11.1 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Rotterdam/Bombay ($\lambda_1=1$)	293
11.2 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Rotterdam/Bombay ($\lambda_1=\lambda_2=1$)	295
12.1 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Palme/Soja	306
12.2 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Palme/Soja, $\lambda_4=0$	309
12.3 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Palme/Soja, $\lambda_4=6$	309
12.4 : taille de marché et vitesse de réaction, simulation 1818-1997	316

LISTE DES GRAPHIQUES

	Page
Int 1 : Crise asiatique 1997, dévaluation du ringgit malaysien	16
Int 2 : Cours quotidiens de l'huile de palme brute (CPO), 350 obs.	16
Int 3 : Cours quotidiens de l'huile de palme brute, 4000 obs.	16
Int 4 : Marche aléatoire et cours quotidien de l'huile de palme brute, 2000 points	18
Int 5 : Deuxième moment empirique, marche au hasard, 2000 points	22
Int 6 : Deuxième moment empirique, cours quotidiens du palme, 2000 points	22
Int 7 : Distribution des variations de prix quotidiennes de la CPO, 2000 points	24
Int 8 a : Série temporelle $U_{n+1} = 0,8 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$	36
Int 8 b : Série temporelle $U_{n+1} = 2,5 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$	36
Int 8 c : Série temporelle $U_{n+1} = 3,2 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$	36
Int 8 d : Série temporelle $U_{n+1} = 3,2 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$	37
Int.8 e : Série temporelle $U_{n+1} = 3,55 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$	37
Int.8 f : Série temporelle $U_{n+1} = 4 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$	37
0.1 : Série PALME, 1818-1997	47
0.2 : Série DPALME, 1818-1997	48
0.3 : Série POURCENT, 1818-1997	48
1.1 : Moyenne empirique, série Palme différenciée, 1835-1997	50
1.2 : Variance empirique, série Palme différenciée, 1835-1997	51
1.3 : Kurtosis empirique, série Palme différenciée, 1835-1997	52
1.4 : Distribution de Dpalme	53
1.5 : Comparaison des distributions normalisées en écart type, sur 30 années	54
1.6 : Distributions normalisées en écart type, 5 périodes de 30 ans	54
1.7 : Volatilité annuelle, 1818-1997	59
1.8 : Variations de la volatilité annuelle, 1818-1997	59
1.9 : Analyse spectrale, Dpalme, coefficient cosinus	61
1.10 : Analyse spectrale, Dpalme, coefficient sinus	61
1.11 : Modèle ARCH, 2000 points	63
1.12 : Bruit blanc, 2000 points	63
1.13 : Volatilité conditionnelle, 1819-1997	66
2.1 : Espace des phases, sinusoïde	73
2.2 : Espaces des phases, double sinusoïde	73
2.3 : Espace des phases, attracteur de Lorenz	74
2.4 : Attracteur de la fonction logistique, $f(x) = 4x(1-x)$	74
2.5 : Attracteur de Hénon	75
2.6 : Espace des phases, bruit blanc	75
2.7 : Distribution des variations de prix générés par la fonction $f(x) = 4x(1-x)$	85
2.8 : Distribution des moyennes sur 12 périodes des variations de prix générés par la fonction $f(x) = 4x(1-x)$	85
2.9 : Distribution de Dpalme	86
2.10 : Distribution des moyennes annuelles, Dpalme	86
2.11 : Distribution des moyennes des moyennes annuelles, Dpalme	86
3.1 : Dimension de corrélation de l'attracteur de Lorenz	94
4.1 : Espace des phases, série Dpalme, 1818-1997	106
4.2 : Dimension de corrélation, série Dpalme	107
4.3 : Une marche au hasard ? Série Dpalme	110
4.4 : Dimension de l'attracteur, série Dpalme-AR	115
4.5 : Dimension de l'attracteur, série Dpalme-AR-Garch	115

4.6 : Calcul de l'exposant de Hurst H par régression linéaire, Dpalme AR18	118
4.7 : Entrées et sorties des zones de mémoire longue, Dpalme-AR18	119
4.8 : Pertes de mémoire, série Dpalme	120
4.9 : Tests de mémoire longue, série 1835-1913	121
4.10 : V statistique et présence de mémoire longue : un cas d'anti-persistance, 1835-1913	121
4.11 : Tests de mémoire longue, série 1919-1997	122
4.12 : V statistique et indétermination, 1919-1997	122
4.13 : Volatilité conditionnelle et pertes de mémoire, Dpalme	124
5.1 : Probabilités filtrées, Dpalme 1818-1997	133
5.2 : Probabilités lissées, Dpalme, 1818-1997	134
5.3 : Volatilité $\sigma (s_t)$, DPALME 1818-1997	135
5.4 : Probabilités filtrées, 1960-1997	137
5.5 : Probabilités lissées, 1960-1997	138
5.6 : Volatilité $\sigma (s_t)$, DPALME 1960-1997	139
5.7 : Probabilités filtrées, modèle bivarié, 1960-1997	143
5.8 : Probabilités lissées, modèle bivarié, 1960-1997	144
6.1 : Production oléagineuse métropolitaine, France 1835-1938	152
6.2 : Importations d'huile de palme, de coco brutes et de suif en Grande-Bretagnes, 1845-1885	157
6.3 : Convergence des prix du suif et du palme en Grande-Bretagne, 1818-1928	161
6.4 : Convergence vers 0 de l'écart de prix suif – palme à Liverpool, 1818-1928	161
6.5 : Cours des principales huiles en Grande-Bretagne, 1850-1900	165
6.6 : Consommation de savon par tête en Grande-Bretagne, 1801-1938	167
7.1 : Taux de croissance annuel moyen du produit industriel, 1790-1900	171
7.2 : Commerce corps gras en Hollande	173
7.3 : Prix du beurre de Cork, 1844-1880	176
7.4 : Prix de détail du beurre et de la margarine aux USA, 1901-1929	178
7.5 : Prix de détail du beurre et de la margarine en Hollande, 1900-1939	178
7.6 : Exportation de margarine depuis la Hollande, 1893-1938	179
7.7 : Production de beurre et de margarine aux USA, 1849-1929	180
7.8 : Commerce mondial des huiles et oléagineux, 1906-1918	182
7.9 : Cours des principales huiles en Grande-Bretagne, 1895-1915	181
7.10 : Croissance décennale de la consommation d'huiles / tête en France, 1803-1938	187
8.1 : Structure de la ration alimentaire en France en trois groupes de produits, 1781-1964	192
8.2 : Consommation alimentaire par tête en France d'huiles, de beurre et de graisses, 1790-1964	193
8.3 : Consommation des lipides aux calories alimentaire en France, 1790-1964	194
8.4 : Evolution de la consommation d'huile et du revenu par tête en France, 1789-1965	194
8.5 : Evolution de la consommation de céréales et du revenu par tête en France, 1789-1965	194
8.6 : Consommation des lipides aux calories en Chine, 1961-1992	197
8.7 : Pourcentage de la population chinoise dont la consommation est composée de moins de 10% de corps gras par tranches de revenu	199
8.8 : Pourcentage de la population chinoise d'ont la consommation est composée de plus de 30% de corps gras par tranches de revenu	199
8.9 : Importations asiatiques d'huile de palme, 1963-1996	200

8.10 : Part des oléagineux pérennes dans le commerce mondial des huiles et oléagineux, 1906-1997	201
8.11 : Part des oléagineux tropicaux dans le commerce mondial des huiles et oléagineux, 1906-1997	201
8.12 : Ratio des exportations d'huile sur les exportations oléagineuses totales en équivalent huile, 1906-1996	202
8.13 : Part commercialisée de la production oléagineuse mondiale, 1909-1996	203
8.14 : Production oléagineuse métropolitaine, France, 1815-1958	204
8.15 : Production d'huile en Allemagne à partir d'oléagineux domestiques, 1878-1937	204
8.16 : Commerce des huiles et oléagineux, 1906-1938	205
8.17 : Consommation apparente d'huiles végétales en Grande-Bretagne, 1909-1936	209
8.18 : Part des importations britanniques d'huile de palme dans le monde, 1790-1940	210
8.19 : Exportations d'huile de palme, 1790-1940	211
8.20 : Taux de croissance du commerce mondial d'huile de palme, 1900-1997 par décennie	211
9.1 : Valeur relative des exportations de caoutchouc, palme et d'étain en Malaisie, 1961-1995	216
9.2 : Prix de l'étain à Kuala Lumpur et du caoutchouc à Londres, 1950-1973	216
9.3 : Parts de marché à l'exportation de l'huile de palme, 1924-1997	232
9.4 : Production de graines et d'huile de soja aux USA, 1922-1949	235
9.5 : Commerce mondial d'huile de palme, 1790-1997	235
9.6 : Commerce des huiles, 1906-1997	236
10.1 : Consommation d'huile de palme en UE et en Asie, 1963-1996	239
10.2 : Exportation d'huile de palme brute et transformée en Malaisie, 1965-1995	239
10.3 : Exportations mondiales d'huiles de soja et de palme, 1963-1996	252
10.4 : Evolution de la cointégration de PALME et SOJA, 1963-1997	254
10.5 : Cointégration des séries PALME et ARACHIDE, 1879-1891 et 1927-1939	258
10.6 : Cointégration des séries PALME et BEURRE, 1879-1891 et 1927-1939	259
10.7 : Cointégration des séries PALME et LIN, 1879-1891 et 1927-1939	260
11.1 : Demande excédentaire et ajustement de prix	267
11.2 : Tâtonnement walrasien asymptotique	270
11.3 : Tâtonnement walrasien instable	271
11.4 : Modèle walrasien et offre non linéaire	273
11.5 : Tâtonnement walrasien et offre non linéaire	274
11.6 : Stratégie d'achat/vente des négociants « Rotterdam », modèle Day-Huang	278
11.7 : Stratégie du négociant « Bombay », modèle Day-Huang	279
11.8 : Stratégie 2 du négociant « Bombay » ou modèle Rotterdam/Bombay	282
11.9 : Chronique générée par le modèle « Rotterdam/Bombay »	285
11.10 : Variations des prix, 200 premières valeurs	286
11.11 : Distribution des variations de prix, modèle Rotterdam/Bombay	288
11.12 : Diagramme des phases, modèle Rotterdam/Bombay	290
11.13 : Attracteur, modèle Rotterdam/Bombay	290
11.14 : Diagramme de bifurcation, modèle Rotterdam/Bombay	292
11.15 : Diagramme de bifurcation, modèle Rotterdam/Bombay	292
Zoom : $4.8 < \lambda_2 < 6.0$	294
12.1 : Fonctionnement du marché de l'huile de palme	299
12.2 : Diagramme de bifurcation, modèle Palme/Soja	307



12.3 : Distribution des variations de prix du palme simulés $\lambda=\lambda_2=\lambda_4=4.2$ (10 000 obs.)	308
12.4 : Variations des prix du palme simulés, modèle Palme/Soja $\lambda=\lambda_2=\lambda_4=4.2$ (1000 obs.)	308
12.5 : Diagramme de bifurcation, modèle Palme/Soja $\lambda_4 = 0$	310
12.6 : Diagramme de bifurcation, modèle Palme/Soja $\lambda_4 = 6$	311
12.7 : Distribution des variations de prix Ps simulés $\lambda_2 = 5.5, \lambda_4 = 0, 10\ 000$ obs	312
12.8 : Distribution des variations de prix Ppa simulés $\lambda_2 = 5.5, \lambda_4 = 0, 10\ 000$ obs	312
12.9 : Distribution des variations de prix Ppa simulés $\lambda_2 = 0, \lambda_4 = 6, 10\ 000$ obs	313
12.10 : Distribution des variations de prix Ppa simulés $\lambda_2 = 4, \lambda_4 = 6, 10\ 000$ obs	313
12.11 : Distribution des variations de prix Ppa simulés $\lambda_2 = 5, \lambda_4 = 6, 10\ 000$ obs	314
12.12 : simulation du modèle Palme/Soja avec des valeurs variables des paramètres $(\lambda_1, \lambda_2, \mu)$, 1818-1997	317
12.13 : distribution des variations de prix simulées, modèle Palme/Soja avec des valeurs variables des paramètres $(\lambda_1, \lambda_2, \mu)$, 1818-1997	318
Carte 6.1 : L'industrie de la savonnerie en Grande-Bretagne vers 1880	163

INTRODUCTION

De la prévision des prix à la prévision de la volatilité

Mesurer la volatilité des prix d'un marché de matières premières particulier, celui de l'huile de palme, comprendre et prévoir les changements qu'elle subit au cours du temps sont les trois axes généraux de ce travail. De prime abord, le sujet paraît démodé : alors que dans le contexte économique actuel la nocivité de la volatilité des variables macroéconomiques (taux d'intérêt, taux de change, inflation) est couramment admise, la stabilité réclamée - que l'on songe aux critères de convergence requis pour le lancement de l'Euro, aux motifs des interventions d'Alan Greenspan, de la *FED* au NYSE à New-York ou encore aux dernières mises en garde de Bhagwati contre les méfaits de la libre circulation des capitaux¹ -, et que les krachs fleurissent², l'exigence de stabilité des cours des matières premières est complètement passée à la trappe en dépit d'une forte volatilité que personne ne conteste. La question de la stabilisation et les problèmes de volatilité semblent en effet provisoirement réglés par la convocation de quatre arguments : **1)** le coût rédhibitoire de la stabilisation (Newberry et Stiglitz, 1981) ; **2)** la constitution d'un marché financier complet en condition nécessaire et suffisante à l'évacuation du risque-prix (Banque Mondiale et OCDE, 1980-1990) ; **3)** la libre circulation des marchandises et l'agrandissement du marché réduiraient l'ampleur des fluctuations en vertu de la loi des grands nombres (Uruguay Round et Farm Bill 1996) ; enfin **4)** un marché de matières premières n'est pas un marché « papier » ; un krach spéculatif y est impossible ; les fondamentaux prédominent. « Les prix des produits de base, formés par des échanges compétitifs sur des bourses de marchandises, sont généralement supposés répondre promptement aux informations changeantes sur les « données fondamentales du marché » [...]. L'hypothèse sous-jacente [...] est que les

¹ Voir son article, « The Capital Myth » du *Foreign Affair* de mai-juin 1998

négociants en produits de base ont des « anticipations » rationnelles et tiennent donc compte de toute l'information disponible sur ces données fondamentales pour prendre leur décision » (Fulponi, 1994 : 17). Grâce à la prise en compte exclusive des fondamentaux par des agents rationnels, un cercle vertueux lie anticipations et mouvements de prix et écarte l'apparition d'une volatilité excessive (id. : 18).

L'étude historique, sur deux siècles, des cours mensuels de l'huile de palme montre bien au contraire que l'anatomie de leurs variations, pour reprendre un terme de Kindleberger (1996), ne les distingue en rien des variations d'un cours boursier, spéculatif, ce qui dément l'argument 4. Les cours d'une année tout à fait banale de l'huile de palme peuvent être comparés, à titre d'illustration, au krach catastrophique du marché monétaire malaysien de 1997 : le graphique Int.1 est exceptionnel, les graphiques Int.2 et Int.3 sont communs. D'autre part, cette similitude, traduite par l'expression de "dynamique complexe" sur la définition de laquelle nous reviendrons, implique les mêmes problèmes de couverture (couverture imparfaite de marché non gaussien), les mêmes menaces de ruine, que sur un marché financier complet : l'argument 2 ne tient pas non plus. Enfin l'argument d'une stabilisation des cours à mesure que s'élargit le marché, s'il n'est pas invalidé mathématiquement (la loi des grands nombres se vérifie sur certains marchés chaotiques, nous aborderons également ce point) n'en est pas moins contredit dans les faits : les deux grandes périodes d'élargissement géographique et d'augmentation du volume des échanges d'huile de palme (années 1930 pour les volumes, années 1970-80 pour les volumes et la géographie) correspondent à des phases marquées de forte volatilité. Mesurer la volatilité, comprendre et détecter ses changements méritent en conséquence une attention inentamée.

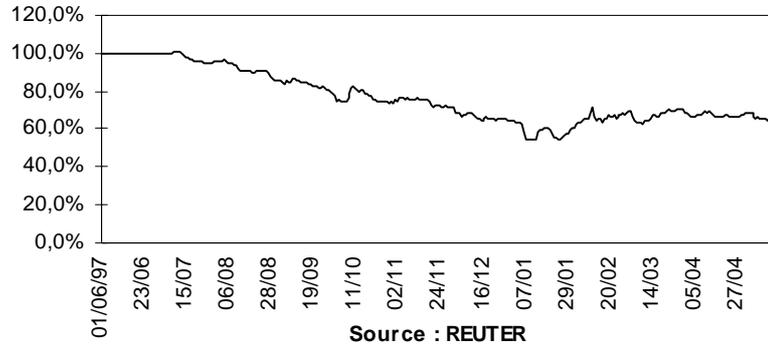
Les questions et la méthode vont à présent être présentées, après le rappel nécessaire du cadre théorique dans lequel elles s'inscrivent. Nous verrons qu'il n'existe pas à proprement parler de théorie des changements de la volatilité : on trouve des interprétations mais toutes sont a-historiques et ne peuvent expliquer les changements de la variance ou de l'écart type mesurés dans le temps. L'absence de cadre théorique nous conduira à recourir à une analogie et à une intuition. Analogie des changements de la volatilité avec les changements de régime de prix que décrit la théorie de la

² 1987 à New York, Tokyo en 1990, le Mexique en 1994, l'Asie du sud-est en 1997, Hong Kong et Moscou en glissade en 1998.

dynamique complexe dans un premier temps. Day (1994) après Samuelson (1947) montre en particulier comment sur un marché canonique walrasien, les deux paramètres que sont la taille du marché et la vitesse d'ajustement déterminent les régimes successifs que traversent les prix du marché. Intuition ensuite : l'étude empirique du fonctionnement du marché international de l'huile de palme, par des entretiens auprès de négociants en Europe, en Malaisie, en Indonésie et en Inde, suggère l'existence d'un enchaînement logique entre taille de marché et volatilité, ainsi qu'entre vitesse d'ajustement et volatilité – la vitesse d'ajustement dépendant de la distance géographique séparant l'offre d'exportation de la demande d'importation et la taille du marché étant mesurée en première approximation par le taux de croissance des volumes échangés. Nous démontrerons la validité de notre analogie et la justesse de notre intuition en testant empiriquement la coïncidence entre changements de régime et changements de la volatilité dans un premier temps, puis en montrant que la taille du marché et la vitesse d'ajustement sont les déterminants des changements de la volatilité des prix survenus depuis 1818 sur le marché de l'huile de palme.

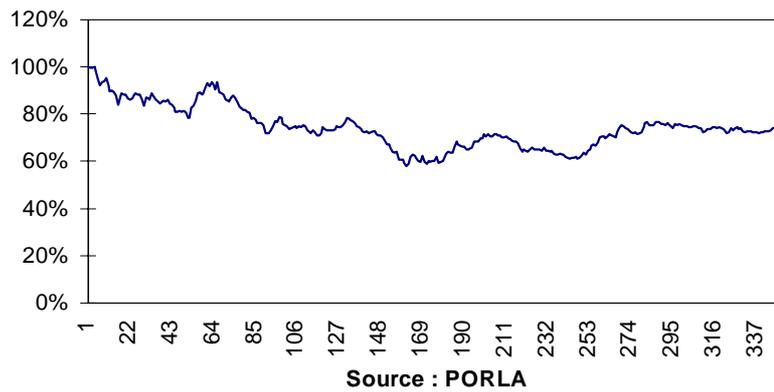
Graphique Int.1

**Crise asiatique 1997 : dévaluation du ringgit malaysien par rapport au \$ US
06/97 - 05/98**



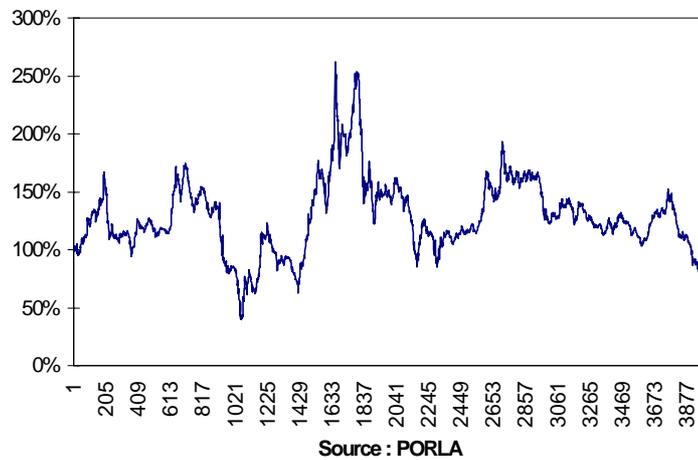
Graphique Int.2

**Cours quotidien de l'huile de palme brute (CPO),
Malaisie 01/01/1994=100. 350 observations.**



Graphique Int.3

**Cours quotidien de l'huile de palme, Malaisie, 01/01/1981=100.
4000 observations.**



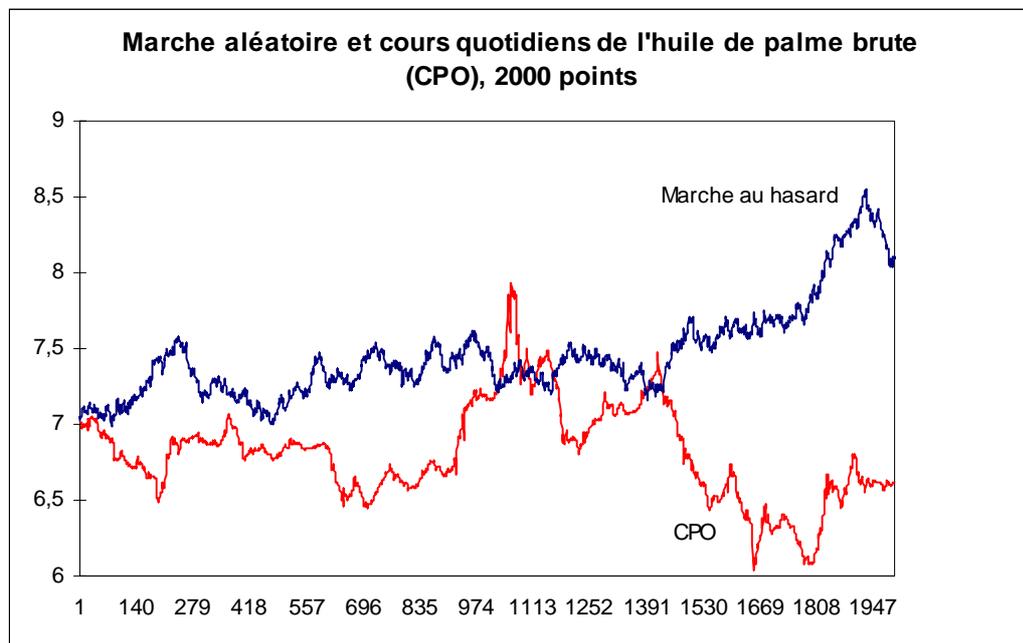
I Les inconstances de la volatilité

Revenons trente trois ans en arrière. Lorsque Fama (1965a) fait paraître son article «Random Walks in Stock Market Prices» dans le *Financial Analyst Journal*, «chartistes» et «fondamentalistes» s'opposent, les premiers en émettant l'hypothèse que les comportements des prix se répètent dans le temps et qu'en conséquence la connaissance d'une séquence de prix antérieure au cours du jour est nécessaire à la prédiction des cours futurs ; les seconds en affirmant qu'en n'importe quel point du temps un actif financier possède un prix d'équilibre (sa «valeur intrinsèque») à l'estimation duquel les seuls facteurs fondamentaux, que sont les bénéfices annoncés et attendus de l'entreprise, l'évolution de la demande, la publication des prévisions de récolte etc., sont nécessaires. L'observation de ces fondamentaux renseigne sur l'écart du prix réel à la valeur d'équilibre (au-dessus, en dessous) et détermine l'achat ou la vente. Si la valeur réelle tend vers la valeur d'équilibre, alors estimer cette dernière à partir des fondamentaux revient à prévoir le prix. Fama se distingue des chartistes et des fondamentalistes en affirmant que sur un marché boursier, archétype du marché de concurrence parfaite des manuels d'économie, la concurrence d'agents maximisateurs, disposant librement de toute l'information souhaitée, conduit à l'égalisation en n'importe quel point du temps du prix réel d'un actif et de sa valeur intrinsèque. Un écart ne peut persister puisqu'il fournit l'opportunité d'un profit à celui qui le décèle, laquelle, une fois saisie, corrige l'écart et l'annule. Le résultat est que le prix réel d'un actif se promènera au hasard autour de sa valeur fondamentale, au hasard signifiant ici «au bruit près», i.e. avec des écarts nuls en moyenne et de variance bornée et constante. L'arrivée de nouvelles informations sur l'état du marché, parce qu'elles sont saisies et intégrées dans les décisions d'achat et de vente, mène en moyenne à un ajustement instantané de la valeur intrinsèque : le marché ingère et digère toute l'information ; il corrige le prix ici par anticipation, là par réaction, ces délais une fois encore sont des «bruits», des petites perturbations indépendantes les unes des autres dont la moyenne est nulle. Et l'évolution future des cours n'est guère plus prévisible qu'une série de nombre tirés au hasard.

Quoiqu'il défende bien évidemment la validité de son explication, Fama concède que le modèle de marche au hasard ne saurait décrire exactement le comportement des marchés boursiers : l'indépendance stricte est sans doute une hypothèse trop forte. Reste

selon lui que le degré de dépendance réelle observé devrait être si petit qu'il est raisonnable de le considérer comme « peu important » (« *the actual amount of dependence may be so small as to be unimportant* »). Son idée d'un marché dominé par les « moyennes » et le confort statistique qu'elles procurent ont tout naturellement orienté Fama vers le choix de distributions normales dans la modélisation des cours : le prix en $t + 1$ s'écarte du prix en t d'une valeur distribuée selon une loi gaussienne. Il a une chance sur deux de monter, une chance sur deux de baisser ; rien dans son évolution passée ne permet d'en prédire l'évolution (graphique Int.4). En compensation de l'impossibilité de prévoir un prix en niveau est offerte la connaissance de la volatilité (écart type ou variance) de ses variations. En termes probabilistes, Fama s'intéresse à la loi de distribution des variations de prix et non plus à une épreuve particulière de cette loi. Basculement de perspective dont émergera la théorie des options au début des années 70, « pour laquelle la prévisibilité est fondamentalement un concept non pertinent » (Walter, 1996).

Graphique Int.4



1) La marche au hasard

La loi de probabilité distribuant les variations de prix d'actifs retenue par Fama (1965a), la loi normale, définit une structure, une forme de hasard : une distribution particulière de probabilité. Elle dérive de la *Théorie de la spéculation* de Bachelier qui en 1900 lorsqu'il soutient sa thèse de doctorat *es sciences mathématiques* introduit l'idée qu'en première approximation, les variations des rentabilités boursières, notons les $P(t + dt) - P(t)$, peuvent être considérées comme les résultats successifs d'un tirage aléatoire avec remise :

$$P(t + dt) - P(t) \sim N(\mu dt, \sigma^2 dt)$$

Quelques décennies plus tard, les travaux de Bachelier seront repris, raffinés, notamment par Osborne (1959) qui substituera à la formulation de Bachelier celle de variations de prix suivant une distribution log-normale :

$$\log[P(t + dt)] - \log[P(t)] \sim N(\mu dt, \sigma^2 dt)$$

Cette approche, rappellent Daloz et Gros Lambert (1998 : 5), « s'est révélée par la suite très fructueuse, en particulier grâce à la facilité d'utilisation de la loi normale. Elle a justifié a posteriori le principe de diversification de portefeuille dans un univers moyenne-variance, tel qu'il avait été conçu par Markowitz (1952). Elle a permis de développer le concept de frontière d'efficience et plus tard le modèle d'équilibre des actifs financiers et finalement, elle a fourni une partie des outils nécessaires à Black et Scholes (1973) pour imaginer leur modèle d'évaluation des prix d'option ». Parce que suivant les mots de Henri Poincaré, rapporteur de la thèse, « [l]e sujet s'éloignait un peu de ceux qui sont habituellement traités par nos candidats » et comportait quelques coquilles, la thèse fut fort peu appréciée sur le moment quoiqu'elle contînt les bases scientifiques de ce que Einstein redécouvrira cinq ans plus tard et qu'on appellera par la suite « mouvement brownien ». Peut-être est-il opportun d'introduire Robert Brown. Robert Brown, botaniste du XIX^e siècle, avait observé que les particules en suspension dans un fluide étaient animées d'un mouvement désordonné. Les particules sont soumises au choc des molécules du fluide, elles se déplacent continûment, « au hasard ».

De la même manière, les prix sont bombardés par les décisions d'achat / vente du marché sous-jacent : la marche au hasard est un mouvement brownien en temps discret. «L'analogie que l'on prend toujours dans le plan» écrit Ekeland (1991), «est celle d'un ivrogne qui se promène... Il n'est pas assez ivre pour ne plus tenir debout, mais il est trop ivre pour savoir où il va. Il est animé d'un mouvement désordonné. On démontre que, si vous mettez un réverbère au milieu du plan, quelque part, et que vous lâchez un ivrogne n'importe où, il finira par aller se cogner dans le réverbère parce que le mouvement brownien explore tout le plan ». Une analogie moins traumatisante est rapportée par Walter (1996)³. La marche au hasard est comparable au jeu d'échecs : on peut entrer dans la partie à n'importe quel moment et voir quel est le meilleur coup à jouer, même si l'on est dans l'ignorance totale des coups précédents. Toute l'information passée est condensée dans la dernière position des pièces sur l'échiquier ; il n'est absolument pas nécessaire de conserver en mémoire la succession des coups antérieurs. A l'opposé le bridge suppose une mémoire de la partie. En appliquant cette image à la modélisation des cours, on peut supposer soit que l'on se trouve en présence d'un processus indépendant et sans mémoire, auquel cas la connaissance du passé n'est d'aucune utilité pour la prévision du futur ; soit, au contraire, on suppose que l'on est dans une situation de type «bridge» et qu'il existe une mémoire des cours : on cherche alors dans la série des cours passés les signaux précurseurs des futures tendances. Mais terminons-en avec Bachelier (1914) :

«*Principe de l'espérance mathématique.* Les opérations de Bourse sont soumises à la loi de l'offre et de la demande et de même que tout spéculateur est libre d'entreprendre soit une opération, soit son inverse, on ne peut admettre qu'une opération de spéculation favorise ou défavorise *a priori* l'un des contractants... C'est ce que l'on exprime en disant : l'espérance mathématique de toute opération est nulle [...]. Ce principe [...] s'applique [...] à toute opération, quelle qu'en soit la complexité, qui serait basée sur les mouvements ultérieurs des cours ».

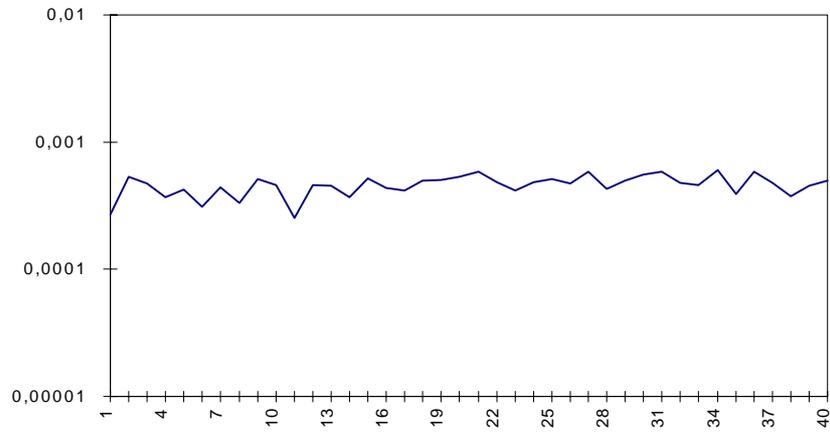
Ce principe soutient la proposition de Samuelson (1965) selon laquelle des prix

³ Elle est due à l'origine à Ferdinand de Saussure comme l'a découvert, et me l'a signalé, D. Zajdenweber que je remercie.

correctement anticipés fluctuent de manière aléatoire. La quantité d'articles dévolue depuis à la vérification de l'hypothèse de marche au hasard sur les marchés des taux, des actifs ou de matières premières montrent que de tels marchés contreviennent en général à l'hypothèse de Fama. La contraposée de l'implication de Samuelson nous dit en conséquence que les prix ne sont pas correctement anticipés : soit que l'information manque à leur exacte anticipation si bien qu'au total (*en moyenne*) les erreurs commises par chacun ne s'annulent pas, soit qu'en dépit de toute l'information possible et imaginable mise à disposition, le comportement des agents est, sporadiquement au moins, irrationnel. Explications non exclusives l'une de l'autre qui aboutissent à couronner plutôt que le marché lui-même, le risque et l'incertitude d'un côté, de l'autre les lubies et les engouements de foule : «[...] Il y a une chose qui n'est absolument pas prise en compte, c'est la notion de risque» écrit Ekeland (1991). «Le risque, à mon avis, rentre dans le hasard [...] Le risque typique, ce sont les Athéniens à Salamine. Le Mède et le Perse descendaient dévastant la Grèce devant eux ; les Péloponnésiens se sont repliés dans leur presqu'île en barrant l'isthme, et les Athéniens ont abandonné leur ville aux Perses. Ils se sont embarqués sur leurs bateaux - ils n'avaient jamais pris la mer avant - et ils ont affronté la flotte perse en pleine mer. Cela, c'est le risque typique : on affronte un ennemi que personne n'a jamais rencontré [...]. Ou cela marche et on entre dans l'histoire ; ou cela ne marche pas, et on disparaît complètement de l'histoire. Si les Athéniens avaient été battus ce jour-là, personne n'aurait plus jamais entendu parler d'eux ». La traduction du risque par une variable de dispersion comme la variance est éclairante : découpez une marche au hasard en segments contigus, mesurez la variance sur chaque segment : elle n'évolue guère d'un segment à l'autre (graphique Int.5, chaque période contient 50 observations). Les hérissements que produit en comparaison la même opération sur une série réelle (graphique Int.5 : marché spot malaysien d'huile de palme ; chaque période contient également 50 observations) montre toute la démesure du risque encouru : une succession de Salamine.

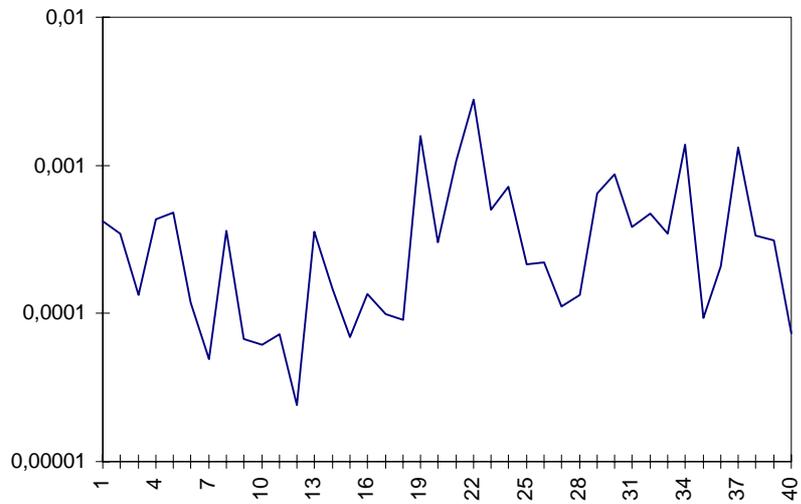
Graphique Int.5

Deuxième moment empirique :
marche au hasard - 2000 points



Graphique Int.6

Deuxième moment empirique :
cours quotidien du palme - 2000 points



2) *Quelles alternatives à la loi de Gauss ?*

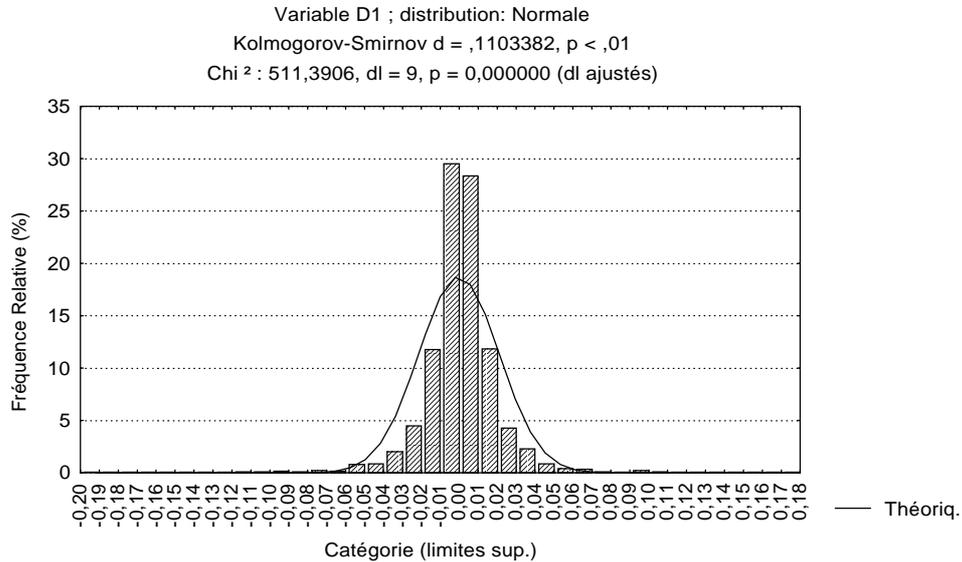
La marche réelle n'est pas engendrée par une variable de Gauss centrée réduite. La falsification de l'hypothèse de hasard gaussien, suggérée par la difformité de la distribution des séries réelles en comparaison de l'ogive de Galton (graphique Int.7), a été rendue possible par l'écriture de tests comme le test BDS au début des années 90 (cf Brock et al., 1991) venus enrichir une batterie fournie remontant aux années 60⁴. Il a conduit, comme le rappelle Lux (1998), au rejet de l'hypothèse de normalité des variations de prix « dans pratiquement toutes les études d'action, d'indice et de taux de change ». Et les cours mondiaux des huiles⁵. Les queues des histogrammes sont trop longues (elles contiennent les fortes variations de prix), les sommets trop pointus (ils contiennent les variations faibles ou nulles) ; le marché connaît trop peu de variations moyennes : les flancs de la cloche sont émaciés et non pas rebondis comme ils devraient l'être dans le cas gaussien. Au total, le marché passe d'un état quasi stationnaire, durant lequel le prix varie peu d'une période sur l'autre, à un état d'agitation extrême – les variations dépassent trois, quatre, cinq fois l'écart-type, sans qu'entre les deux des variations moyennes s'imposent. Ainsi le rapport entre la variance la plus forte et la variance la plus faible est-il de 2 seulement dans l'exemple d'une marche au hasard (donné graphique Int.5) : il dépasse 110 dans le cas de l'huile de palme (graphique Int.6). Comment se couvrir contre pareilles inconstances de la volatilité ? La presse économique et financière déborde d'articles soulignant combien l'hypothèse du célèbre modèle d'option de Black-Scholes (1973), selon laquelle les prix des sous-jacents d'une option sont distribués selon une loi log-normale avec volatilité constante, est trop contraignante. Alors, si le hasard des marchés n'est pas un hasard gaussien (graphique In.7), de quel hasard parle-t-on ?

⁴ Cootner (1962), Fama (1965b), Godfrey, Granger et Morgenstern (1964) pour ne citer que les plus connus.

⁵ Qui occupent, c'est entendu, une place bien plus restreinte dans la littérature.

Graphique Int.7

Distribution des variations de prix quotidiennes de la CPO, 2000 points



Il existe deux réponses actuellement à cette question, et derrière elles, deux méthodes aux objectifs bien distincts. La première méthode est descriptive, elle vise à construire des fonctions de densité de probabilité - ou à défaut de calculer leur comportement asymptotique - susceptibles de générer des chroniques similaires aux chroniques de prix observés dont elles parviennent à contrefaire les soubresauts. Mandelbrot (1963, 1966, 1997) est sans doute son promoteur le plus connu ; sa typologie des hasards - hasard bénin, hasard lent, hasard sauvage - construite par le recours aux lois stables⁶, produit des résultats convaincants : mais il décrit ; expliquer n'est pas son affaire. On peut citer également la modélisation aléatoire de la volatilité ou modélisation Arch (*autoregressive conditional heteroscedasticity*) qui décrit un effet sans se préoccuper de la cause⁷. La seconde méthode vise à expliquer l'inconstance de la volatilité, tâche qui, après Samuelson (1965), revient à comprendre pourquoi les prix sont incorrectement anticipés. Il n'existe pas une théorie économique de l'inconstance, mais des interprétations. Ces interprétations découlent pour la plupart de la violation de l'hypothèse d'information parfaite. Il existe par contre un corpus mathématique capable de produire, par l'introduction de non linéarités dans un système déterministe, des

⁶ Dites encore « Pareto-stables », « Lévy-stables », « L-stables » ou « α -stable ».

chroniques dont la volatilité est variable dans le temps. L'utilisation de systèmes non linéaires en économie a permis de revoir quantités de modèles théoriques (modèles de croissance, de cycles d'affaire, cobwebs) et d'en améliorer considérablement les résultats : la dynamique simple qu'il produisait, peu conforme à la réalité, est remplacée par une dynamique complexe, une dynamique déterministe générant un « hasard » non gaussien qui, second mérite, conserve au chercheur l'espoir de trouver un lien causal strict (sans l'intrusion de chocs extérieurs) entre les phénomènes observés et des comportements.

II Interprétation théorique de la volatilité

La volatilité n'est pas expliquée en soi mais en référence au cadre que donne la loi normale, selon laquelle, comme on vient de le rappeler, 1) l'arrivée des informations sur le marché est aléatoire et suit une loi normale, et 2) ces informations sont traitées rationnellement et totalement intégrées dans les décisions d'achat et de vente à chaque période par les agents. A l'explication de la volatilité excessive, non normale, qui est observée sur les marchés on trouve deux sources dans littérature. Chacune se rapporte à une hypothèse du cadre gaussien. La première est relative à l'information disponible : arrivant par cascades discontinues et non pas générées par un loi gaussienne, l'information produit, même lorsqu'elle est traitée rationnellement, des chroniques de prix non linéaires, dont la distribution est leptokurtique : en somme, l'anormalité, au sens mathématique du terme, de la distribution des prix, refléterait avant tout l'anormalité de l'arrivée des informations. L'imperfection de l'information est une explication également avancée, au secours de la première. La seconde source d'explication de la volatilité est le traitement de cette information, et derrière lui, le comportement des agents dans un univers incertain. On l'a un peu artificiellement qualifiée de source endogène de la volatilité, source dont la source première est l'imperfection de l'information qui occupe la tête des explications dites « exogènes » mais dont toutes les autres découlent. « L'instabilité est fondamentalement une affaire d'information imparfaite » (Boussard, 1998 : 13).

⁷ Parmi de nombreux exemple d'une modélisation stochastique de la volatilité, citons Akgiray (1989), Chou (1988), Bailey et DeGennaro (1990), Heynen *et alii* (1994), Hull et White (1987).

1) Les sources exogènes de la volatilité

- i) **L'information :** « [...] la volatilité est étroitement liée à l'information. L'information conduit à des changements d'anticipation, lesquels, à leur tour, conduisent à des changements de prix. » (Sang Bin Lee *et al.*, 1992 : 495). Selon Lamoureux et Lastrapes (1990), cités par Sang Bin Lee : « [Lamoureux et Lastrapes] trouvent que la volatilité des rendements quotidiens est corrélée dans le temps et liée de manière positive au taux d'arrivée des informations. En réalité, on peut penser la volatilité comme rien de plus qu'une manifestation de l'information sur les marchés ». (Sang Bin Lee *et al.*, 1992 : 496). L'arrivée de ces informations n'est pas aléatoire au sens de Gauss mais suit un procédé non linéaire, discontinu, qui n'entre pas dans le cadre gaussien. Trouver les déterminants de la volatilité revient à trouver les déterminants de l'arrivée des nouvelles informations sur le marché. L'ampleur de la tâche conduit à formaliser l'arrivée de ces informations au moyen de loi – ou de lois – de probabilités idoines, plutôt que de chercher ses trop nombreux déterminants. Car non seulement les informations n'arrivent pas à date régulière et fixe, mais elles « choquent » le marché d'un impact inégal en raison de la hiérarchie selon laquelle le marché les ordonne. Enfin elles sont intégrées par le marché à vitesse variable. « [L]a vitesse de réaction des prix soulève des problèmes d'équité [...] : si la vitesse est trop lente, un volume important de transactions pourra prendre place à un prix différent de celui de l'équilibre *ex post*, intégrant l'information. Les opérateurs les plus rapidement informés feront alors des gains aux dépens des moins rapides, ce qui peut refléter le coût d'acquisition de l'information. De plus, un autre enjeu de la vitesse de diffusion de l'information concerne les coupes-circuits mis en place par les marchés réglementés ou les suspensions de cours liées aux réservations de cours à la hausse ou à la baisse. La justification de ces procédures visant à arrêter les échanges réside dans l'imperfection de l'information. » (Szpiro, 1998 : 490). Des modèles construits sur le concept de cascade informationnelle (Banerjee, 1992 ; Bikhchandani Hishleifer et Welch, 1992) dans lesquels « chaque agent tient compte rationnellement, non seulement d'une information privée, mais aussi de l'historique des décisions des autres agent qui révèlent partiellement leur propre

information privée [...] donne[nt] lieu à des dynamiques de prix, partiellement déconnectés des fondamentaux et tendant à s'autovalider, appelées selon les cas cascades informationnelles ou « bulles » [...] » (Charlety-Lepers et Portait, 1997 : 856). Si les chocs météo et politiques (changement de politique économique de la FED en 1982 par exemple) dont la désignation dit toute l'imprévisibilité, sont les informations mises couramment en avant pour expliquer les mouvements brusques du marché, agricole dans un premier cas, agricole ou financier dans le second, elles ne sont absolument pas indispensables au surgissement de variations brutales de la volatilité : les réactions disproportionnées du marché n'ont guère besoin d'une information sensationnelle pour faire rebondir les prix⁸. Ce qui nous amène aux points suivants.

- ii) Les innovations :** financières, ce sont les produits dérivés, les stratégies de couverture de portefeuille, les *program trading*⁹. On se souvient du rapport Brady (1988) mettant en cause les stratégies de portefeuille dans le krach de 1987. L'arrivée de ces innovations sur le marché et les conséquences de l'adoption de nouveaux modes de gestion du risque sont imprévisibles¹⁰. Des modèles théoriques ont tenté de mettre en évidence les conséquences de l'utilisation des produits dérivés, des stratégies de couverture et des *program trading*. Les conclusions des travaux de Grossman (1988), cas d'information parfaite, de Genotte et Leland (1990) où l'information est asymétrique, sont rapportées par Charlety-Lepers et Portait (1997) : « les marchés dérivés et l'assurance de portefeuille jouent un rôle dans la volatilité et la stabilité des marchés financiers mais leur existence ne peut expliquer à elle seule les phénomènes observés. Leur effet déstabilisateur trouve sa source en une

⁸ « Si l'analyse statistique [des] krachs se révèle impossible en raison de leur faible fréquence, on retrouvera néanmoins schématiquement les caractéristiques suivantes : On ne retrouve, à l'origine du krach, aucune information « catastrophique » impliquant les « fondamentaux » [...] » (Charlety-Lepers et Portait, 1997 : 855).

⁹ Couverture en continu encore appelée couverture « dynamique » effectuée dans le cadre d'une procédure automatique et informatisée.

¹⁰ Raison pour laquelle elles figurent dans les sources exogènes. On peut tout aussi bien endogénéiser les caractéristiques des titres émis sur le marché : ainsi de Gabillon (1997) qui montre comment des mécanismes endogènes peuvent conduire un marché complet à l'incomplétude et à l'intermédiation - avec le résultat contre-intuitif que le « standard » qu'est le marché financier complet ne correspond jamais à une situation d'équilibre du système financier.

imperfection de l'information conduisant à une interprétation erronée des variations des cours » (Charlety-Lepers et Portait, 1997 : 856). Les études empiriques sont équivoques : l'introduction de produits simples comme les contrats à terme se traduit, selon les auteurs, par une augmentation de la volatilité ou par une volatilité inchangée (Edwards et Ma, 1992).

2) *Les sources endogènes de la volatilité*

La recherche des déterminants endogènes de la volatilité est motivée en partie par l'anormalité des fonctions de distribution constatée sur deux voire trois siècles. Lorsqu'il compare la distribution des variations de cours d'actions au XVIII^e et au XX^e siècles, Harrison (1998) dresse le résumé suivant : « Les séries temporelles financières sont-elles toutes semblables ? On montre que les séries du XVIII^e siècle et du XX^e siècle se comporte de manière similaire. Les distributions des variations de prix aujourd'hui et au XVIII^e siècle ont des propriétés identiques. En particulier, les distributions sont leptokurtiques, et les fluctuations de la variance sont persistantes. On montre par ailleurs que ces régularités sont stables et indépendantes de l'époque et du lieu. L'histoire prouve que les marchés boursiers et les *traders* du XVIII^e siècle ne sont pas si différents de ce qu'ils sont maintenant » (Harrison, 1998 : 55). Modéliser le comportement des intermédiaires, les négociants (*traders*), fournirait donc une clé susceptible de résister à la corrosion du temps : c'est le choix que nous adopterons. Mais revenons aux sources endogènes de la volatilité :

iii) La rationalité imparfaite : les marchés seraient fondamentalement irrationnels (Shiller, 1981 ; Tordjman 1997). « Par « irrationnels » il faut entendre : relevant de la psychologie des foules, victimes d'effets de mode (*fashions*) ou de lubies (*fads*). Tous phénomènes éminemment irrationnels pour les économistes, puisqu'ils ne relèvent pas d'un calcul de maximisation de la part des opérateurs, mais au contraire d'impulsions plus ou moins émotives » (Zajdenweber, 1994 : 409). Citons également Orléan (1998) : « Les investisseurs sont loin d'être rationnels. Il suffit d'observer la déconnexion permanente entre le prix des actions et les données fondamentales de l'économie. Cela veut dire qu'il faut cesser de croire à la théorie de l'efficience des marchés selon laquelle les prix du

marché refléteraient à tout moment l'état de l'économie réelle. [...] En effet ce qui compte pour un investisseur boursier, ce n'est pas l'état de l'économie réelle, mais la manière dont va se comporter le marché ; ce qu'il cherche à comprendre en priorité est la manière dont les autres investisseurs vont réagir à telle ou telle nouvelle information, parce que ce sont ces réactions qui détermineront les prix de demain. »¹¹ A côté des fondamentaux du marché, les sentiments occupent une place, énorme selon Shiller, que l'on vient de citer, ou simplement passagère selon d'autres auteurs. Ainsi de Black (1986) qui fait l'hypothèse d'une irrationalité transitoire. Les analyses de Fama et French (1988), rappelle Zajdenweber (1994 : 410), « retiennent un ordre de grandeur des cycles d'irrationalité compris entre 3 et 5 années, qui correspondrait à la durée des bulles qui ont précédé la grande crise de 1929, tout comme la crise de 1987 ». L'imitation et la contagion, manifestation de l'irrationalité, qu'elle soit permanente ou transitoire¹², déforme la distribution originale de l'arrivée des informations pour produire la courbe caractéristique des variations de prix sur les marchés réels. « Même si les informations arrivent selon une distribution de probabilités normale, les mécanismes du marché peuvent transformer la courbe de Gauss des changements des valeurs fondamentales en une distribution à queues épaisses de variations de prix » (Lux, 1998 : 162). Montré du doigt lors de la récente crise asiatique (1997-1998), le comportement spéculatif des investisseurs de court terme a concentré en particulier les critiques d'irrationalité et provoqué, en plus de l'ire de Mahathir, premier ministre malaysien, contre les Soros et consorts¹³, la remise en question de la libéralisation totale du marché des capitaux¹⁴ par des plumes acquises, a priori, à l'abolition du contrôle des changes. On voit ici que la rationalité imparfaite ou limitée est restreinte non plus dans le temps, mais à certaines catégories d'agents : les spéculateurs de

¹¹ *Libération* du 2/12/98, page 21.

¹² La rationalité systémique n'est qu'un aspect de la rationalité limitée dont on peut trouver un compte-rendu des différents modèles chez Laville (1998).

¹³ La libre convertibilité des monnaies étant selon lui « *unnecessary, unproductive and immoral* » (*The Economist* 27 Septembre 1997 : 91).

¹⁴ Ainsi de Bhagwati (1998), déjà cité. Voir aussi l'article de Dani Rodrik (1998) : « Who needs capital-account convertibility » in « Should the IMF pursue capital-account convertibility », *Essay in International Finance* No 207, Princeton University. Enfin, l'exemple du Chili, qui conditionne les entrées de capitaux à un « séjour » obligatoire de plusieurs mois, est mentionné pour ses vertus (Kinsinger, *Le Monde* 10/10/98).

court terme qui surréagiraient aux informations reçues. « Une manière d'expliquer la non normalité des cours est celle de surréaction des *traders* à l'arrivée de nouvelles informations » (Heynen *et alii.*, 1994 : 31). Et l'on découvre que les agents sont hétérogènes. La théorie économique voudrait que les agents soient homogènes et que leurs anticipations rationnelles portent le marché vers son équilibre : or un paradoxe (dit paradoxe du « *no trade* ») est, pour citer Tordjman (1997 : 870), que « lorsqu'on finit par converger vers un équilibre d'anticipations rationnelles, les agents n'ont aucune motivation à échanger, et on ne peut rendre compte de l'échange spéculatif à l'équilibre [...]. Ce dernier point met en lumière la contradiction attachée à l'hypothèse d'homogénéité des agents : à l'équilibre, ceux-ci n'ont une motivation à échanger que s'ils ont des croyances différentes, ce qui est incompatible avec l'hypothèse de rationalité. » A la rationalité parfaite est préférée la rationalité imparfaite et évolutive d'agents hétérogènes dotés de facultés d'apprentissage (Tordjman, 1997). Pour conclure et résumer ce point, rappelons l'argument selon lequel les spéculateurs sont nécessaires et productifs puisqu'ils apportent la liquidité nécessaire au bon fonctionnement du marché et mettent, jour après jour, un « achat » en face d'une « vente » par un investisseur de long terme et une position de « vente » en face d'une position d'« achat »... sauf en périodes de bulles : « Le problème est que tous les marchés financiers, des monnaies aux actions, sont sujets à des vagues d'optimisme excessif suivies de vagues de pessimisme excessif. En théorie, la spéculation devrait être stabilisatrice : pour faire de l'argent, un investisseur doit acheter quand le prix est bas et vendre lorsque le prix est haut. Cependant, dans une bulle, il est profitable d'acheter même lorsque le prix est élevé, tant que l'on s'attend à ce qu'il monte davantage – jusqu'à ce que la bulle explose. Un investisseur perd de l'argent s'il ne suit pas le mouvement de foule. » (*The Economist* 27 sept. 1997 : 91). Suivre le mouvement de foule est alors parfaitement rationnel¹⁵.

iv) La séparation des horizons d'investissement et la complémentarité des « spéculateurs » et des « fundamentalistes » est au cœur de l'hypothèse de

¹⁵ C'est ce que montre Zajdenweber (1995) dans le cas des intermédiaires financiers dont le comportement « téméraire » en cas de crise de rentabilité (plutôt que disparaître, ils prennent des risques en espérant

marché fractal de Peters (1994). L'ouvrage, critiqué parce qu'il contenait de nombreuses inexactitudes, repose néanmoins sur une hypothèse centrale qu'il n'est pas inutile de rappeler, ces réserves étant faites : « Les marchés restent stables tant qu'ils réunissent de nombreux investisseurs ayant des horizons d'investissement différents. Lorsqu'un *trader* de court terme (cinq minutes) observe une variation de six écarts types [sur des prix mesurés toutes les cinq minutes], un investisseur dont l'horizon est supérieur [...] n'observe, lui, rien d'inhabituel. Tant qu'il se trouve un investisseur dont l'horizon d'investissement est supérieur à celui du *trader* en crise, le marché se stabilise de lui-même. C'est la raison pour laquelle tous les investisseurs doivent partager le même niveau de risque (une fois corrigées les variations de prix [à court terme et long terme] d'un paramètre d'échelle). [...] Le marché devient instable lorsque [...] les investisseurs de long terme sortent du marché ou bien deviennent à leur tour des investisseurs de court terme. » (Peters, 1994 : 46). Le passage des investisseurs de long terme en investisseur de court terme en raison de l'évanouissement des fondamentaux, ou à l'inverse, le passage des investisseurs de court terme en investisseur de long terme en raison du renforcement des fondamentaux, conduit à une succession désordonnée, anormale, de mouvements haussiers et baissiers sur le marché. L'hypothèse de marché fractal de Peters que l'on a tout de même séparé du point précédent n'est pas foncièrement dissemblable : seulement l'imperfection de la rationalité n'est pas mentionnée, elle est implicite puisque Peters suggère sans le dire que la rationalité n'existe, dans les faits, que sur un horizon de spécialisation, un horizon de temps limité. Reste que l'hypothèse de marché fractal n'est pas suffisante en soi pour expliquer la volatilité changeante des marchés : ce qui détermine le renversement des investisseurs de long terme en investisseurs de court terme, et réciproquement, n'est pas explicité.

- v) **Le risque :** le problème est si vaste que l'on s'effraie de le traiter. Limitons-nous aux produits de base. On admet que le délai entre la mise en culture et la mise sur le marché des produits agricoles oblige l'agriculteur à anticiper un prix de vente parfaitement inconnu. Le cobweb classique, où seule l'anticipation d'un niveau de prix est retenue, amélioré par l'ajout d'une anticipation de la variance

couvrir les pertes) est optimal, parfaitement rationnel, lorsque la ruine est proche.

traduisant le risque existant sur le marché, donne des résultats plus conformes à la réalité que n'en produisait le cobweb original, linéaire, d'Ezekiel (1938). « Le risque économique en quelque sorte s'autogénère, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir aucune influence extérieure, climatique ou autre, pour en expliquer l'apparition » (Boussard, 1994 : 20). Le prix, en somme, n'est pas un scalaire mais un vecteur à deux composants : un niveau, ou moyenne, et une variance. Anticiper un prix revient à anticiper la valeur future des deux composantes, et non plus d'une seule : en toute logique, les erreurs d'anticipation ne comportent pas un seul terme, mais un couple de termes, moyenne et variance, qui changent au gré des changements d'anticipation dans le temps. En endogénéisant le comportement d'agents en situation d'information imparfaite, par l'introduction d'une aversion pour le risque dépendant de la volatilité des cours, il est possible alors pour des valeurs d'élasticité tout à fait crédibles de l'offre et de la demande, d'obtenir à partir de cobwebs simples des chroniques complexes tout à fait réalistes (Boussard, 1996). D'autres « endogénéisations » sont envisageables, comme l'accumulation du capital par le producteur et les décisions de stockage/destockage : elles conduisent également, quoiqu'avec des plages de paramètres plus étroites, à des dynamiques chaotiques proches de celles observées sur séries réelles (Boussard, 1998). Surtout, elles ont toute une portée politique. Elles motivent en l'occurrence une intervention publique dans l'économie : en réduisant l'incertitude au niveau du producteur, il est possible de rapprocher l'équilibre du marché d'un optimal parétien.

Les explications, endogènes et exogènes, de la volatilité sont bien évidemment liées et articulées entre elles : on a dit que la distinction était quelque peu factice. Aucune quoi qu'il en soit ne permet d'expliquer à elle seule les mouvements de la volatilité. Pour reprendre les conclusions d'un expert en la matière (qu'on laisse exceptionnellement en anglais) : « *By no means is every upswing in business excessive, leading inevitably to mania and panic. But the pattern occurs sufficiently frequently and with sufficient uniformity to merit renewed study. What happens, basically, is that some event changes the economic outlook. New opportunities for profits are seized, and overdone, in ways so closely resembling irrationality as to constitute a mania. Once the excessive character of the upswing is realized, the financial system experiences a sort of*

« distress », in the course of which the rush to reverse the expansion process may become so precipitous as to resemble panic. In the manic phase, people of wealth or credit switch out of money or borrow to buy real or illiquid financial assets . In panic, the reverse movement takes place, from real of financial assets to money, or repayment of debt, with a crash in the prices of commodities, houses, buildings, land, stocks, bonds – in short, in whatever has been the subject of the mania » (Kindleberger, 1996 : 2-3).

Une conséquence importante de l'existence d'une volatilité endogène, d'une volatilité produite par les décisions d'agents en univers incertain, est qu'en raison de l'inconstance de la volatilité, la mesure de la volatilité devient parfaitement subjective. Un producteur de culture pérenne, un *broker*, un négociant au jour le jour, un transformateur, un Etat, n'acceptent pas la même définition de la volatilité : ils ne travaillent pas sur le même horizon de temps. Non seulement l'unité de temps change (heure, jour, mois, année, décennie selon les cas) mais également la portion d'histoire passée de la chronique sur laquelle chacun mesure variance ou écart type. L'absence de mesure objective, puisque la volatilité n'est pas constante, conduit à des erreurs de prévision qui se traduisent par des changements de la volatilité, lesquels empêcheront l'existence d'une mesure objective de la volatilité. Sur un marché non gaussien, la volatilité change considérablement selon que vous reteniez les 10, 20, 30 ou 100 dernières périodes de votre échantillon de prix. Pour reprendre une comparaison de Daloz et Gros Lambert (1998 : 8) : « Si l'investisseur pensant se trouver en univers gaussien se base sur une période « calme » pour calculer une variance et estimer son risque, il est probable qu'il le sous-évalue fortement. En effet, sur une courte période, il est possible qu'une série temporelle varie moins dans l'univers stable non gaussien que dans l'univers gaussien, contrairement à ce qui se passe sur plus longue période. Enfin, une conséquence du caractère discontinu des séries stables non gaussiennes réside dans l'impossibilité pour le gestionnaire de pratiquer une politique dite de « stop loss ». Cette politique consiste à solder graduellement une position dès qu'elle a engendré un certain niveau de perte. En univers stable non gaussien, la perte survient en général soudainement et dans son entier. La brutalité des mouvements rend alors impossible la réduction graduelle d'une position. Dans ces conditions, raisonner dans un cadre gaussien peut parfois entraîner des conséquences catastrophiques pour les intervenants sur ces marchés. » Ce sont les affaires Sumitomo, Daiwa, Barings ou encore la

fermeture du marché à terme de Kuala-Lumpur (KLCE) en 1983 après la prise de position intenable d'un acheteur d'huile de palme de Kentucky Fried Chicken : les changements de la volatilité peuvent mener à la ruine, ce qui en plus de l'enjeu théorique que représente leur compréhension, apporte une motivation supplémentaire à notre analyse.

Parce que le marché n'est pas gaussien, les intervenants se trompent et parce que les intervenants se trompent, le marché n'est pas gaussien. Une dynamique endogène est à l'œuvre, que des outils récents permettent de formaliser et de comprendre sans faire table rase de la théorie économique. C'est la dynamique complexe.

III La dynamique complexe

1) Définition

Disons d'abord ce qu'elle n'est pas. La dynamique complexe s'oppose aux dynamiques dites simples ou linéaires, incluant les états bien connus que sont l'état stationnaire, avec une répétition sans fin d'une situation donnée ; les états périodiques et cycliques, définis par une répétition à intervalles fixes ; le *steady states* que l'on conserve en langue anglaise, où toutes les variables du système changent dans une même proportion ; enfin la croissance – ou le déclin – équilibré(e) (*balanced growth or decline*), marqué par une croissance ou un déclin géométrique de toutes les variables. Une dynamique complexe désigne un modèle déterministe non linéaire susceptible 1) de produire des fluctuations aperiodiques ou 2) de changer de régime (passer d'un état stationnaire à un état périodique, aperiodique et vice-versa) de manière endogène (Day, 1992). La première propriété inclut les dynamiques chaotiques, qui génèrent des fluctuations bornées dans un système sensible aux petites perturbations. La seconde « signifie que les équations qui déterminent les changements d'état du système changent elles-mêmes [*switch*] dans le temps selon des règles intrinsèques. [...] Il apparaît que les équations limitées à un sous-ensemble donné d'états diffèrent de celles limitées à d'autres sous-ensembles d'états, si bien que chaque système d'équations produit un régime distinct et identifiable. » (Day, 1992 : S9). Dans le premier cas les équations ne changent pas ; elles ont valeur de loi ; seulement la sensibilité aux variations des paramètres ou des conditions initiales altère l'évolution du système. L'exemple le plus

célèbre est celui de la fonction logistique :

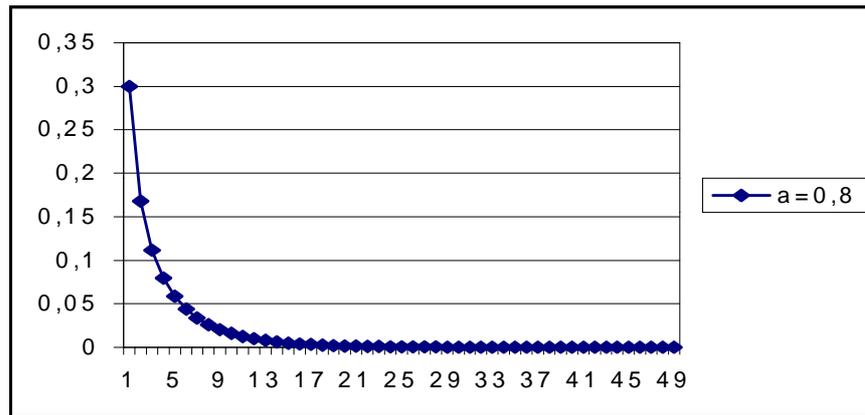
$$f(x) = a*x(1 - x) \quad \text{avec } 0 < x < 1 \text{ et } a \text{ compris entre } 0 \text{ et } 4 \quad [\text{Int.1}]$$

La fonction f possède deux points fixes vérifiant $f(\tilde{x}) = \tilde{x}$, soit $a*\tilde{x}(1 - \tilde{x}) = \tilde{x}$: le premier est 0, le second est donné par $\tilde{x} = (a-1)/a = 1 - 1/a$. On montre (Abraham-Frois et Berrebi, 1995) que la suite logistique associée, $U_{n+1} = f(U_n; a) = a*U_n*(1 - U_n)$ converge vers le point fixe 0 quand $0 < a < 1$ et vers $\tilde{x} = 1 - 1/a$ quand $1 < a < 3$ et $U_0 \in]0, 1[$ (graphiques Int.8 a et b). Lorsque le paramètre a est supérieur à 3, des cycles se substituent aux points fixes : un cycle d'ordre 2 apparaît pour $a = 1 + \sqrt{4}$ (graphique Int.8 c), puis un cycle d'ordre 4 pour $a = 1 + \sqrt{6}$ (graphique Int.8 d) ; lorsque a est compris entre 3,54... et 3,56... la suite possède un cycle d'ordre 8 (graphique Int.8) : selon la valeur du paramètre a , la suite est périodique (convergente ou cyclique) ou apériodique (chaotique, graphique Int.8 f).

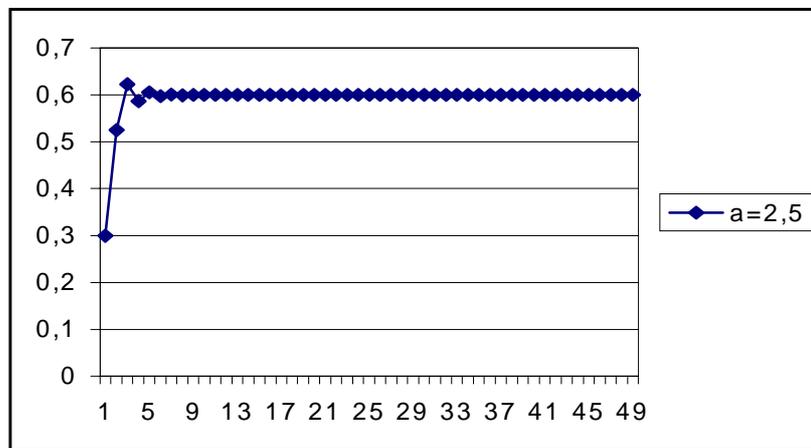
Dans le second cas défini comme celui des changements de régime – on parle également de *régimes à phases multiples* – la structure causale (f dans [Int.1]) change dans le temps. On a le choix, soit d'écrire une fonction particulière, correspondant à un régime particulier de fluctuations, soit de décrire l'ensemble des régimes possibles et donc des structures causales possibles, dans un espace adéquat, l'espace des phases. On peut créer simplement à partir de l'exemple précédent une dynamique de changements de régime définie par $U_{n+1} := f_a(U_n; a) = a*U_n*(1 - U_n)$ si $100*a < n \leq 100*(a + 1)$ avec a prenant cinq valeurs distinctes 0, 1, 2, 3 et 4 et n variant de 0 à 500. On a alors une succession de régimes stationnaires, cycliques et chaotiques à mesure que n croît : le système « saute » d'une équation f à une autre. Les changements de régime sont en somme une dynamique de la dynamique $U_{n+1} = f(U_n; a) = a*U_n*(1 - U_n)$. Les sauts dépendent du temps (ici n) mais il est tout aussi possible de les faire dépendre des valeurs prises par la suite U et définir chaque fonction f_a non pas sur un intervalle de temps mais sur une partition des valeurs générées, soit une partition de $]0, 1[$.

On comprend que dans une dynamique complexe de type chaos, la structure causale est invariante et unique. Tandis que dans l'hypothèse de changements de régime, la structure causale est multiple ; les changements de structure (*switches*) produisent des changements de régime (Guégan, 1994 : 33 ; Day, 1992 : S14).

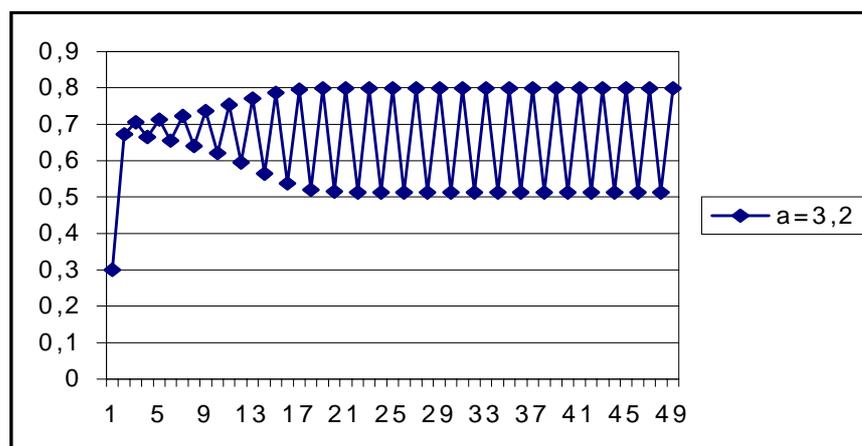
Graphique Int.8 a : série temporelle $U_{n+1} = 0,8 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$



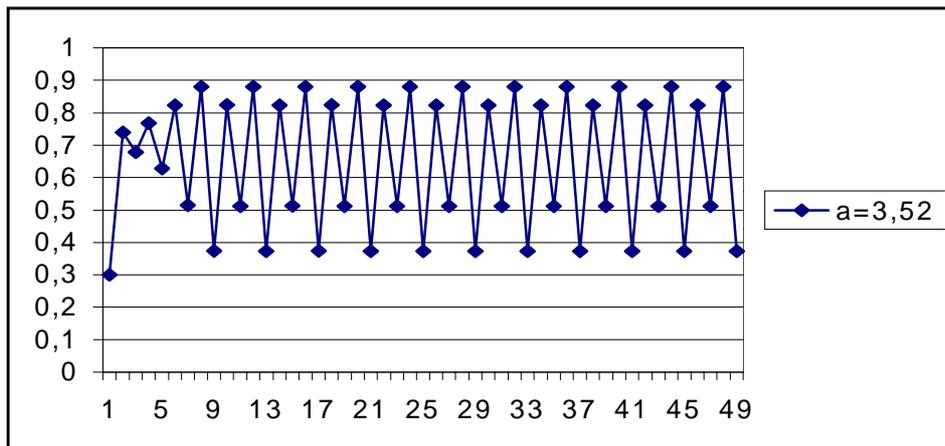
Graphique Int.8 b : série temporelle $U_{n+1} = 2,5 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$



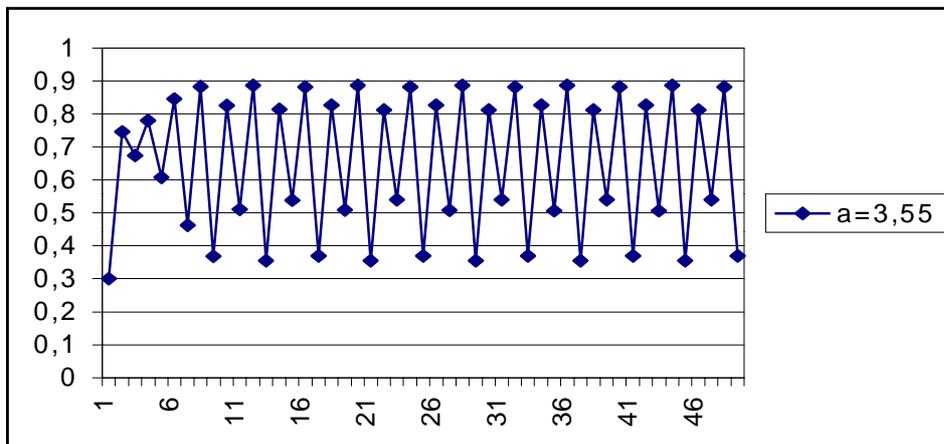
Graphique Int.8 c : série temporelle $U_{n+1} = 3,2 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$



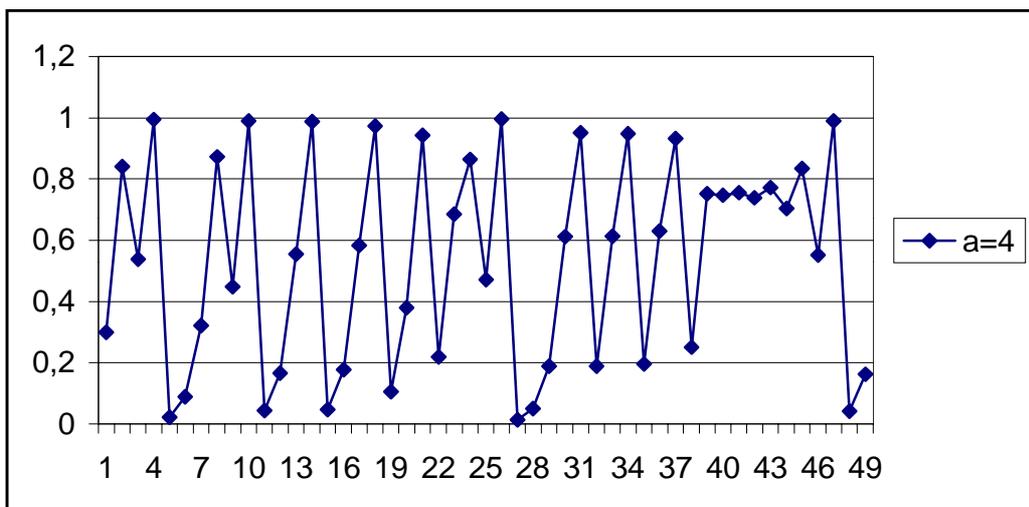
Graphique Int.8 d : série temporelle $U_{n+1} = 3,52 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$



Graphique Int.8 e : série temporelle $U_{n+1} = 3,55 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$



Graphique Int.8 f : série temporelle $U_{n+1} = 4 * U_n * (1 - U_n)$, $U_0 = 0,3$



On retiendra la définition mathématique suivante :

Soit $Y_i, i \in \{0, 1, \dots, n\}$ une partition de $Y \subset \mathfrak{R}^n$ et $\theta_i, i \in \{0, 1, \dots, n\}$, une suite d'applications / $\theta_i := Y_i \rightarrow Y$. Les différences premières des prix du palme y_t sont générées par le système dynamique :

$$y_{t+1} = \theta(y_t) := \theta_i(y_t) \quad \text{si } y_t \in Y_i \quad [\text{Int.2}]$$

où Y est appelé espace des phases. Les $Y_i, i \in \{0, 1, \dots, n\}$ sont les *zones de phase*. Les θ_i les *structures de phase* et les paires (θ_i, Y_i) les *régimes*. Une orbite sera une séquence $\tau(y) = \{y, \theta(y), \dots, \theta^n(y)\}$.

2) Implications en terme de volatilité

Les implications qui nous concernent directement sont celles ayant trait à la volatilité. Or en parcourant l'histoire récente de la dynamique complexe en économie, on constate que celle-ci fournit des outils théoriques pour la reproduction de mouvements d'apparence aléatoire, apériodique, à partir d'équations déterministes (sans hasard donc) – ces dernières fournissant une explication causale des phénomènes observés : mais des conséquences sur la volatilité et des interprétations des changements de la volatilité, on n'en trouve guère. Alors à quoi bon utiliser la théorie de la dynamique complexe dans ce travail ? La première motivation est théorique : la dynamique complexe fournit des explications des changements de régime de prix dans le temps à partir de modèles de marché extrêmement simples. Cette motivation en soi ne suffit pas. On lui adjoint cette intuition : la connaissance empirique du fonctionnement du marché apportée par des entretiens avec de nombreux intervenants sur le marché international (aucun négociant majeur n'y a échappé) nous a fourni deux explications des variations de la volatilité. La vitesse de réaction et le volume échangé. Ce sont précisément les deux sources mises en avant dans le modèle « canonique » de changements de régime, celui de l'ajustement walrasien formalisé Day (1994) d'après Samuelson (1947) : de la coïncidence, sur le marché de l'huile de palme, entre les

changements de régime et les changements de la volatilité, il n'y a qu'un pas que cette thèse a pour ambition de franchir.

L'ajustement walrasien sur un marché concurrentiel est connu. Samuelson (1947) définit, à partir d'une offre $S(p)$ (p étant le prix du bien) et d'une demande $D(p)$, la demande excédentaire comme la différence $S - D$: $e(p) = D(p) - S(p)$. Il précise que la fonction e est croissante et monotone, ce qui en temps discret signifie que l'on a : $p_{t+1} = p_t + g[e(p_t)]$ avec g fonction croissante et monotone. Dans la version la plus simple de l'ajustement walrasien, g prend la forme $g[e(p)] := \lambda e(p)$, où λ constante positive est appelée la « vitesse d'ajustement » ou « vitesse de réaction ». D'autre part, il est courant de considérer non pas une fonction d'offre ou de demande singulière mais une classe de ces fonctions générée par un paramètre μ . On écrit $D_\mu(p) = \mu D(p)$ et $S_\mu(p) = \mu S(p)$; la demande excédentaire devient :

$$e_\mu = \mu e(p) \quad [\text{Int.3}]$$

On peut penser à μ comme à la « force » du marché (*market strength*) ou à son étendue (*extent of the market*) relativement à la situation de base donnée par $\mu = 1$. Enfin, puisque le prix ne peut être négatif, l'équation d'ajustement des prix sur le marché walrasien prend la forme :

$$p_{t+1} = \theta_\mu(p_t) = \max\{0, p_t + \lambda \mu e(p_t)\} \quad [\text{Int.4}]$$

Si S et D sont linéaires, plusieurs cas de dynamique simples sont possibles : divergence monotone du prix d'équilibre \tilde{p} , convergence asymptotique et monotone vers \tilde{p} , oscillations et convergence asymptotique, oscillations et divergence explosive, en fonction des valeurs prises par les paramètres sensibles que sont λ et μ . Des modèles non linéaires de tâtonnement, comme par exemple celui qui suppose qu'en réponse à une augmentation du revenu, l'offreur réduit son output et consacre davantage de temps aux loisirs ou à la production d'un autre bien¹⁶, enrichissent considérablement les facultés créatrices du modèle en produisant des chroniques chaotiques, chroniques

¹⁶ Copes (1970) et Crutchfield et Farmer (1982) ont par exemple appliqué ce type de fonction d'offre à l'industrie de la pêche. Samuelson et Nordhaus (1989 : 560) en font un usage plus général et théorique. Nous verrons dans la troisième partie qu'il en existe d'autres.

apériodiques auto-entretenues (Day, 1994 : 190). Les paramètres sensibles sont les mêmes : ce sont le temps de réaction λ et la taille du marché μ . Dans un modèle non linéaire même fruste, leurs différentes valeurs généreront des chroniques stationnaires, périodiques ou chaotiques sans que ne survienne aucun choc extérieur : elles expliquent au total les changements de régime que peut traverser un marché libre.

Nos entretiens auprès des intervenants du marché de l'huile de palme ont donné un peu de chair à ces deux paramètres. L'huile de palme est actuellement exportée à 80 % depuis deux pays, la Malaisie et l'Indonésie. Ses importations ont lieu principalement en Europe (18 %) et en Asie (50 %), où elle sert dans l'alimentation (margarine et friture) et l'industrie (savonneries, lipochimie). Le temps de traversée, depuis la Malaisie ou l'Indonésie, jusqu'aux principaux ports asiatiques est environ cinq fois plus bref que celui nécessaire pour couvrir la distance entre la Malaisie ou l'Indonésie et l'Europe. Ce que les négociants asiatiques nous disent est que la proximité de l'offre leur permet d'entrée et sortir du marché en réaction immédiate aux variations de prix, fussent-elles faibles : le marché pour eux est « spot », le *hedging* (couverture) n'est pas nécessaire, la livraison en huile presque immédiate. L'horizon de leurs anticipations est bien inférieur au mois ; celles-ci ne prennent en compte que les disponibilités immédiates en huile dans le pays d'importation en fonction desquelles ils décident de leurs achats. A l'inverse, les négociants européens achètent parfois jusqu'au-delà d'un an, la couverture pour eux est obligatoire (couverture physique ou sur le marché à terme de Kuala Lumpur), l'horizon moyen de leurs anticipations excède couramment six mois, celles-ci prennent en compte la demande future de leurs acheteurs ainsi que les disponibilités futures en huile dans le monde. Au total, on assiste à une superposition d'intervenants de long terme (en Europe) et de court terme (en Asie) qui rappelle celle des « fondamentalistes » et des « spéculateurs » sur le marché financier : et de la même manière que ces derniers par leurs entrées et sorties augmentent la volatilité sur les marchés financiers, la distance entre l'offre et la demande sur le marché de l'huile de palme, en se réduisant, s'accompagne d'une augmentation de la vitesse d'ajustement du négociant sur l'horizon de sa spécialité qui déterminera le niveau de volatilité. Les changements géographiques de l'échange depuis deux siècles, à partir de cette hypothèse, devraient en toute logique produire différents niveau de volatilité : une volatilité changeante.

Les intervenants nous ont fourni une seconde information. Les huiles végétales sont substituables entre elles en deçà de contraintes techniques variant selon les produits (margarine, savon etc.) et selon les pays. Rechercher l'huile disponible à un coût. A coût d'opportunité égal pour l'acheteur final, l'huile vers laquelle se tournent d'abord les négociants minimisant leur coût est l'huile dont ils pensent qu'elle a le plus de chance d'être disponible : cette huile ou huile leader du marché est le produit sur lequel les ajustements des opérateurs se font en premier. En conséquence, l'apparition répétée de forts volumes d'huiles sur le marché s'accompagne après un certain délai d'apprentissage des intervenants (fiabilité éprouvée de l'offre, stabilité de la qualité), d'une augmentation de la vitesse d'ajustement sur le produit – avec les conséquences sur la volatilité décrite dans le paragraphe précédent. A fortiori dans le cas d'une culture pérenne comme le palmier, dont le pic de rendement se situe entre la 8e et la 12e année et dont l'arrachage ne survient qu'après 25 ans, la forte croissance des volumes exportés se traduit immanquablement par l'assurance d'une pérennité de la disposition de cette huile sur le marché et d'une augmentation rapide de la vitesse d'ajustement : l'apprentissage est rapide. Pourquoi ne pas suivre dans ce cas la croissance des exportations d'huile de palme par année ou décennie depuis deux siècles et vérifier que les pics de croissance s'accompagnent de changements de la position de l'huile de palme dans la hiérarchie des huiles commercialisées ? Cette vérification faite, les changements de la taille du marché (mesurée en volumes échangés) devraient produire différents niveaux de volatilité : une volatilité changeante.

L'effet de la taille du marché sur la volatilité est indirect et « passe » par la vitesse d'ajustement. On remarquera qu'il en est de même dans l'ajustement walrasien : λ et μ dans [Int.4] apparaissent en un seul terme multiplicatif avec μ couramment posé égal à 1 : on se limite à l'étude des effets des variations de λ (Day, 1994). Il est extrêmement tentant dans ces conditions d'utiliser Walras-Samuelson-Day pour vérifier nos hypothèses et répondre à nos questions.

3) Questions, hypothèses et plan

On souhaite répondre aux trois questions suivantes :

1 – La volatilité change-t-elle dans le temps ?



2 - Quels sont les déterminants de ses changements ?

3 - Comment les utiliser à des fins de prévision ?

Répondre à ces questions nous permettra, souhaitons-le, de comprendre un peu mieux comment un marché de matières premières, avec ses fondamentaux *uniquement* – renvoyant à l'état de l'offre et de la demande -, ses contraintes de stockage, de transport, ses délais de livraison, toutes choses le distinguant en principe d'un marché spéculatif de type boursier, n'en partage pas moins les grandes propriétés dynamiques, et un vice : l'incapacité du marché à trouver son prix d'équilibre. Nous répondrons aux trois questions par la vérification des hypothèses suivantes :

H1 : La volatilité des cours de l'huile de palme n'est pas constante

H2 : La chronologie des changements de régime de prix coïncide avec celle des changements de la volatilité

H3 : Les changements de la volatilité sont déterminés par les deux paramètres du modèle de changements de régime de Walras-Samuelson-Day : le volume d'échange et la vitesse d'ajustement

Le traitement des hypothèses se fera en trois parties. Dans un premier temps seront mesurés la volatilité et ses changements. Un constat de similitude avec les marchés financiers sera dressé (H1). Une chronologie des changements de régime de la dynamique des prix, dynamique complexe au sens de Day, sera établie par le détournement d'un test de mémoire longue (Lo, 1991). Cette chronologie sera confrontée avec succès à celle produite par l'estimation d'un modèle de changements de régime de la volatilité (*volatility switching-regime*) au moyen de chaînes de Markov dû à Hamilton (1990)¹⁷ (H2). Munis d'une chronologie solide, nous rechercherons les déterminants de la volatilité et de ses changements dans un second temps.

Nous découvrirons que les transformations de la géographie des échanges d'huile de palme sont, au côté des variations de volumes échangés depuis près de 200 ans, des candidats parmi les plus sérieux. Des chocs existent, c'est entendu : nous les recensons,

¹⁷ La terminologie de Hamilton est embarrassante : les changements de régime de la volatilité qu'il utilise ne sont pas identifiables aux changements de régime de la dynamique complexe. Hamilton dans son modèle suppose que les prix peuvent être décrits non pas par une distribution de probabilité normale mais par plusieurs. Chacune possède une certaine variance et définit un « régime de volatilité ».

sans leur trouver de pouvoir explicatif suffisant. Nous verrons comment d'une part au commerce « historique » de longue distance entre l'Europe et une lointaine périphérie pourvoyeuse d'huiles et graisses (actuel Nigéria, Argentine, Russie, Australie) s'est superposé depuis trente ans un commerce de courte distance à l'intérieur de l'Asie. Comment d'autre part la révolution industrielle en Europe au XIX^e siècle puis la transition alimentaire des glucides vers les lipides et les sucres des pays développés à partir des années 1930 et des pays en développement, principalement asiatiques, dans les années 1980, ont imprimé à la demande des accroissements irréguliers, des fièvres de graisses précisément datées que l'huile de palme, à deux reprises, a contribué au premier chef à apaiser.

Enfin nous chercherons à valider notre troisième hypothèse (H3) par l'écriture de trois modèles : un premier modèle de changements de la volatilité de type Hamilton (1990), mais à deux horizons – soit un modèle bivarié –, montrera comment la volatilité inexpliquée du modèle univarié procède de l'ignorance d'un second horizon d'échange. Un modèle d'ajustement walrasien librement inspiré de Day (1992) sur un marché où interviennent des négociants de courte distance et de longue distance sera ensuite écrit : il produit des changements de régimes lorsque varient la taille du marché et de la vitesse d'ajustement. Enfin ce dernier modèle sera amélioré afin de tenir compte des substitutions entre produits : un modèle à deux huiles sera construit. L'identification des paramètres de taille et d'ajustement avec ceux observés empiriquement dans la seconde partie, ou partie historique de ce travail, sera retenue pour une simulation des changements de la volatilité sur le marché de l'huile de palme depuis l'origine de notre série réelle, soit janvier 1818. Séries réelle et simulée seront confrontées.

Nous concluons sur les implications théoriques et politiques de nos résultats, et de manière plus pragmatique, sur les prévisions ou plus justement les détections des changements de la volatilité qu'ils sont susceptibles de fournir sur les marchés de matière première agricole.

IV Les données

Une série mensuelle inédite des cours en livre sterling de l'huile palme brute enregistrés à Liverpool de 1818 à 1959 a été construite à la Newspapers British Library de Londres à partir des cotations fournies par le *Liverpool Mercury* (période 1818-

1844), *The Economist* (période 1845-1946) ; en France, grâce aux statistiques de la revue *Oléagineux* (période 1947-1959). Une seconde série, d'une reconstitution plus aisée, a été obtenue grâce aux publications d'*Oil World* du prix des huiles libellé en US-\$ en Europe continentale (Rotterdam). Deux séries entières ont ensuite pu être assemblées : la première, après conversion des dollars en livre entre 1960 et 1997, fournit les cotations mensuelles de l'huile de palme en livre de 1818 à 1997. La seconde, qui conserve la distinction des monnaies, exprime en pourcentages les variations des cours de l'huile de palme entre janvier 1818 et décembre 1997. La longueur de la série des variations en pourcentage est de 2159 points, la longueur de la série en niveau des cours nominaux convertis en livre est de 2160 points. Les tests et mesures donneront des résultats similaires, qu'ils soient effectués sur la série « pourcent » ou sur les différences premières de la série « sterling » passée en logarithmes naturels.

On sait que le modèle logarithmique est le modèle de référence en finance : développé à l'origine dans la formulation des marches au hasard, il est motivé par le fait, mathématique, que dans une loi de Gauss, la variable doit pouvoir varier de moins l'infini à plus l'infini, ce qui est clairement impossible pour un prix. Utilisée pour de faibles valeurs de prix ou d'indice - valeurs horaires ou quotidiennes par exemple - il permet, grâce à l'approximation $\ln(1+x) = x$, de lire directement la valeur x sans passer par l'exponentiation (Zajdenweber, 1994). Il souffre de deux inconvénients. La reconstitution des cours par l'exponentielle ($e^{\text{Ln}(\text{cours})} = (\text{cours})$) présente le premier défaut, parce que e est convexe, de produire des cours croissants (Mandelbrot, 1971). D'autre part, après reconstruction des cours en niveau par exponentiation, les cours ne sont jamais nuls. Toutefois, l'impossibilité de construire un déflateur mensuel des cours de l'huile de palme en livre depuis le début du XIX^e siècle ne laisse d'autre alternative, au passage en pourcentage, que le recours aux logarithmes.

Précisons enfin que la base mensuelle a été retenue pour d'autres raisons que la disponibilité des données sur ce pas de temps particulier dans divers journaux et revues. Notre choix du mois a également des motivations économiques. Traitant de la volatilité, de ses changements et des dangers auxquels elle expose les opérateurs, on s'intéresse aux intervenants directs du marché : les négociants, quelque peu délaissés par les travaux académiques. Le mois est certainement un pas de temps trop long si l'on considère les cinquante dernières années – mais il n'en a pas toujours été ainsi : la

naissance du marché, l'émergence de cotations périodiques, d'échanges réguliers depuis les 130 tonnes importées à Liverpool en 1793, ont pris plusieurs décennies. Il eût été absurde de compter les cours en jours à une époque où les jours ne comptaient pas.

PREMIERE PARTIE

Dynamique chaotique et changements de régime

A partir du constat d'apériodicité, d'anormalité de la distribution, et de la présence de non linéarités dans la chronique des prix de l'huile de palme depuis janvier 1818, nous appliquons les outils de la dynamique complexe afin de dater les changements de régime des cours survenus depuis 1818 puis les changements de la volatilité.

On se penche dans un premier chapitre sur les caractéristiques statistiques des variations des prix mensuels, tels que les comportements des deux premiers moments empiriques, la distribution et ses éventuelles déformations au cours du temps, la présence ou l'absence de cycles périodiques et de non linéarités. Dans les chapitres suivants, notre attention se concentrera sur les caractéristiques dynamiques de la chronique que l'on étudiera dans un espace mathématique particulier, l'espace des phases, caractéristiques dynamiques dont on soulignera les enjeux théoriques et de politique économique (chapitre 2), avant d'en rapporter les outils (chapitre 3) grâce auxquels nous procéderons à nos mesures (chapitre 4). Les tests de dépendance de long terme (mémoire longue) invalideront l'hypothèse d'un chaos déterministe généré sur toute la longueur de l'échantillon par un système unique d'équations, au profit d'une succession de régimes. L'usage de ces mêmes tests nous permettra d'ébaucher les dates de changements de régime que nous confronterons à celles précisément fournies par l'estimation d'un modèle de changements de la volatilité sous chaînes de Markov (chapitre 5). Il sera temps alors d'aborder la seconde partie et d'enrichir notre chronologie par une analyse historique du marché et par des entretiens auprès des principaux opérateurs.

Les données

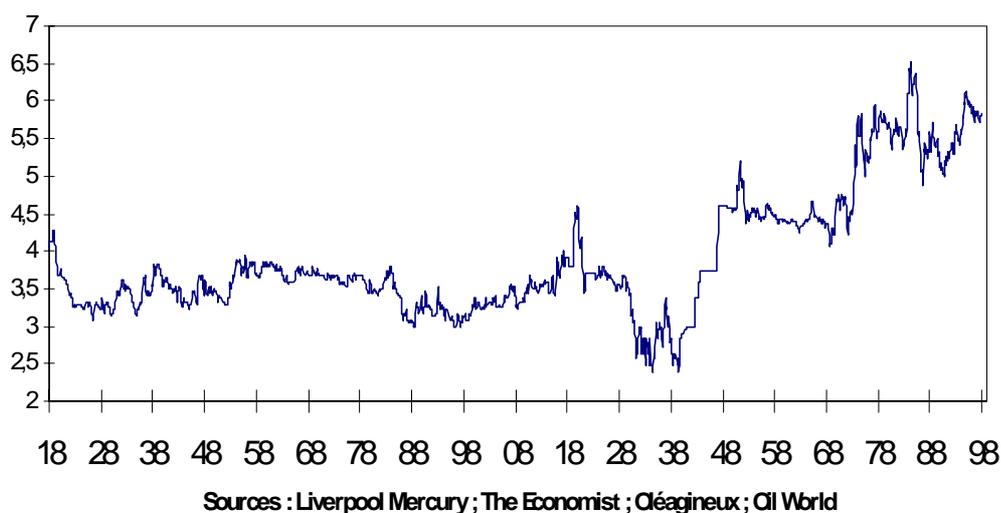
PALME : série mensuelle logarithmique des cours nominaux en livre sterling de l'huile de palme de janvier 1818 à décembre 1997 (enregistrés à Liverpool de 1818 à 1959, à Rotterdam de 1960 à 1997) reconstruite à partir des cotations fournies par le *Liverpool Mercury* (période 1818-1844), *The Economist* (période 1845-1946) ; *Oléagineux* (période 1947-1959) et *Oil World* (1960-1997). Soit 2160 points (graphique 0.1). Si P_t est le cours nominal en livre sterling, on écrira :

$$DPALME_t \equiv \log P_t - \log P_{t-1} = PALME_t - PALME_{t-1}$$

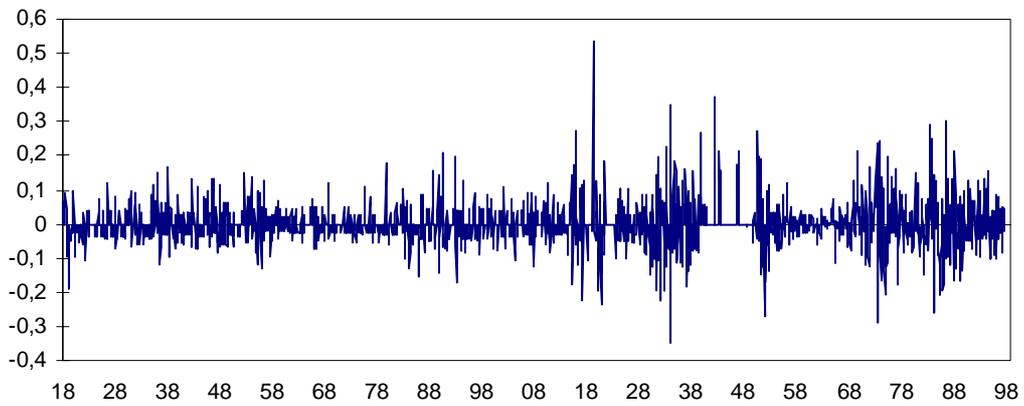
la série des variations des prix du palme exprimés en logarithme naturel. Les termes DPALME et « différences premières » seront indistinctement employés.

POURCENT : les variations en pourcentages des cours nominaux mensuels, en livre sterling, de l'huile de palme de 1818 à 1997, soit 2159 points (graphique 0.2).

Graphique 0.1 : Série PALME, 1818-1997

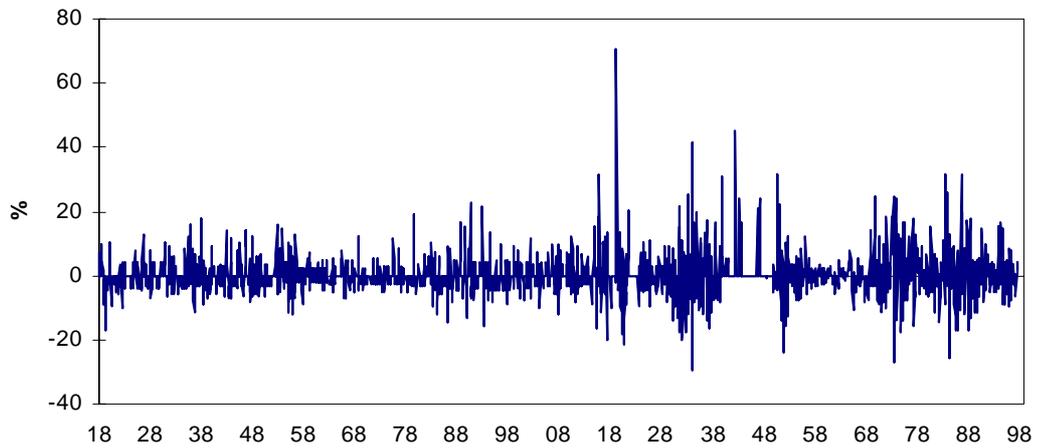


Graphique 0.2 : Série DPALME : différences premières de la série PALME, 1818-1997



Sources : Liverpool Mercury ; The Economist ; Oléagineux ; Oil World

Graphique 0.3 : Série POURCENT : variations en pourcentages des cours nominaux de l'huile de palme, 1818-1997



Sources : Liverpool Mercury ; The Economist ; Oléagineux ; Oil World

CHAPITRE 1

IDENTITE STATISTIQUE DE LA SERIE

Sont passés en revue les comportements des deux premiers moments, moyenne et variance ; puis la distribution des variations de prix est comparée à la distribution normale ; enfin la présence de cycles périodiques et de non linéarités est passée aux cribles des tests. Ce chapitre est vraisemblablement un peu aride : une série de tests et de mesures y défilent. Mais il est nécessaire : il fournit une première identité de la série et la réfutation de l'hypothèse d'une constance de la volatilité dans le temps.

I) Comportement des moments empiriques

La moyenne, la variance et le kurtosis de D_{palme} sont calculés sur une longueur croissante de l'échantillon, jusqu'à sa totalité. Un tel mode de calcul fournit des premières informations sur le comportement dans le temps des premiers moments : sont-ils constants ? Convergent-ils ? Quelle valeur prennent-ils sur la longueur totale de l'échantillon ?

Commençons par les moyennes. On calcule :

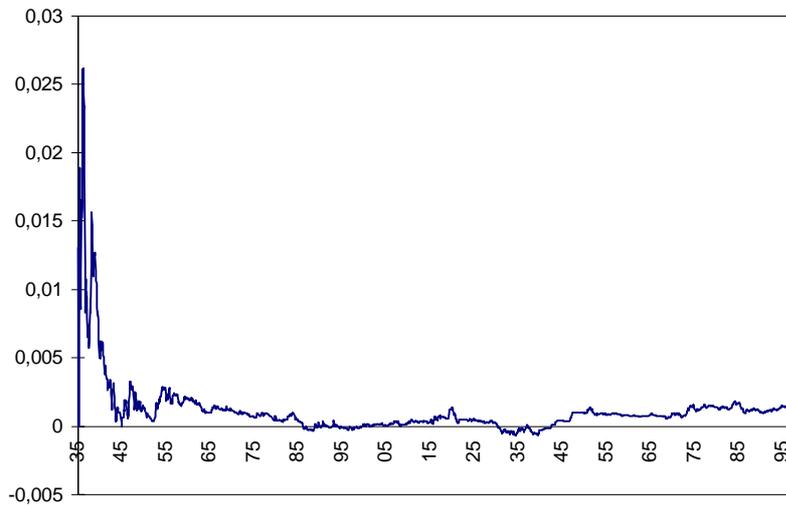
$$moyenne_empirique_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T DPALME_t \quad [1.1]$$

Sur des échantillons de longueur $T = 2, 3, \dots, 2159$. On constate que l'espérance des variations des logarithmes des cours est nulle : D_{palme} différenciée (soit D_{palme}) est bien centrée sur la valeur zéro horizontale (graphique 1.1 : les graphiques sont limités à 2000 points pour des commodités graphique). La convergence des moyennes empiriques

est rapide et conforme aux résultats habituels obtenus sur les séries de prix différenciées : la différence première rend la série stationnaire.

Graphique 1.1

Moyenne empirique, série Palme différenciée 1835-1997



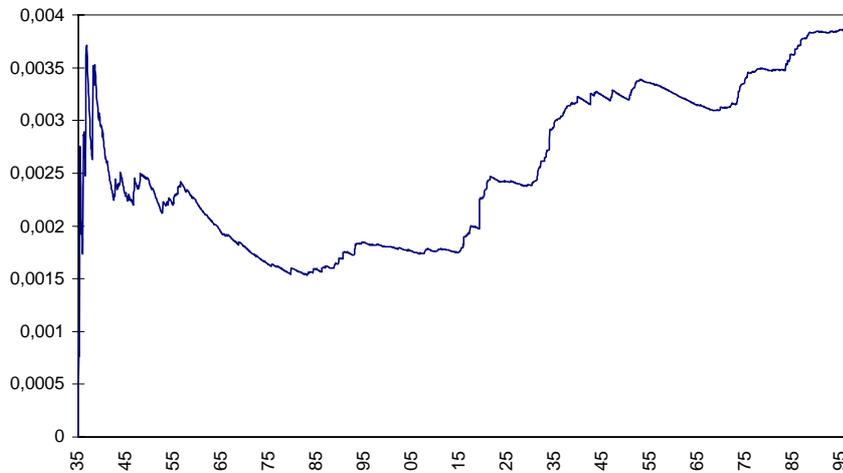
Le comportement de la variance inspire des conclusions inverses. On calcule :

$$\text{variance - empirique}_T = \frac{T \sum_{t=1}^T (DPALME_t)^2 - \left(\sum_{t=1}^T DPALME_t \right)^2}{T(T-1)} \quad [1.2]$$

sur des échantillons de longueur $T = 2, 3, \dots, 2159$. On a pu remarqué sur le graphique 0.2 que des grappes de variations fortes (forte volatilité des années 1930, 1970, 1980) succèdent à des plages de variations faibles ou nulles (faible volatilité des années 1860, 1870, 1960) : la variance ne semble pas stationnaire. Le calcul de la variance empirique [1.2] confirme cette intuition. Il montre que la variance n'est pas convergente : elle croît sur toute la longueur de l'échantillon (graphique 1.2). La variance se comporte comme si elle était infinie, résultat similaire à celui que Mandelbrot (1963) obtint en analysant les cours du coton.

Graphique 1.2

Variance empirique, série Palme différenciée 1835-1997



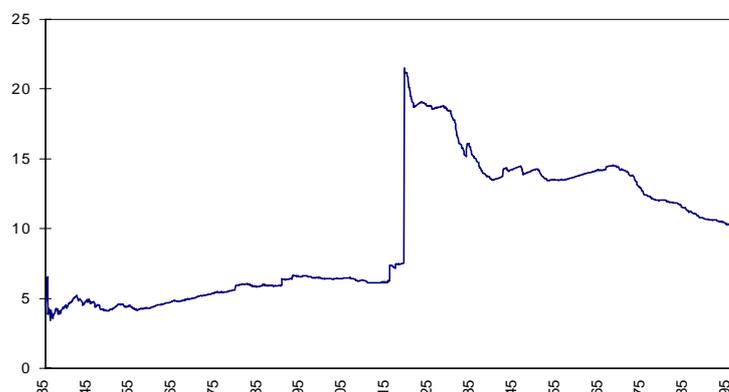
Enfin le coefficient de kurtosis empirique, qui donne la mesure de l'épaisseur des queues de distribution, doit converger vers 3 dans le cas gaussien. Le graphique 1.3 démontre l'existence de semblable convergence, le kurtosis empirique étant donné par :

$$kurtosis_empirique_T = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (DPALME_t - \overline{DPALME})^4}{\left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (DPALME_t - \overline{DPALME})^2 \right]^2} \quad [1.3]$$

avec $T = 2, \dots, 2159$, \overline{DPALME} la moyenne de chaque échantillon de longueur T .

Graphique 1.3

Kurtosis empirique, série Palme différenciée 1835-1997



Au total, la non stationnarité de la variance, la non nullité de l'indice d'asymétrie (*skewness*) et la valeur élevée du kurtosis augurent défavorablement d'une distribution empirique des variations de prix selon la loi normale. Nous vérifions ces sinistres prédictions.

II) La distribution des variations de prix

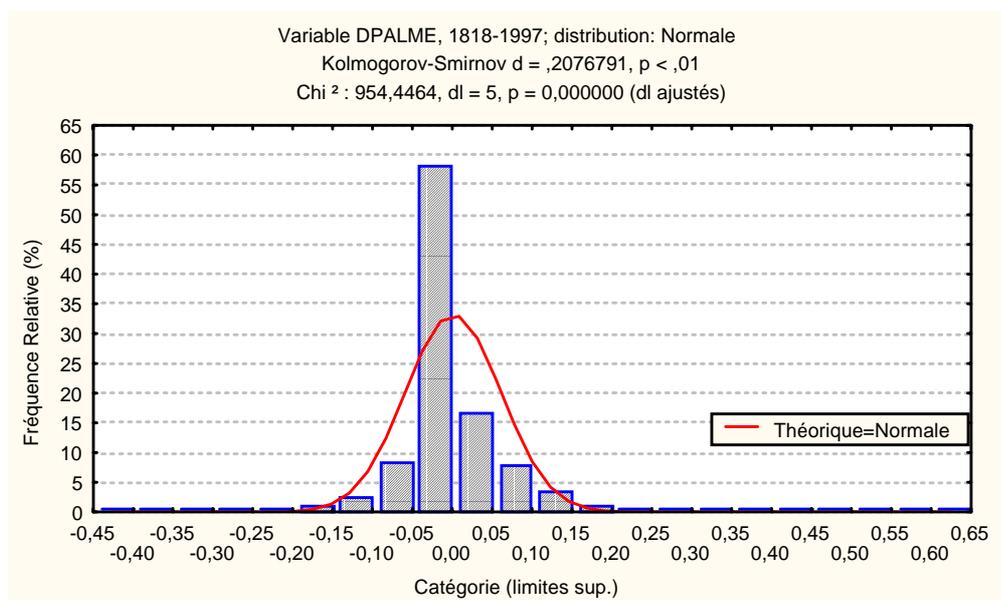
1) Une distribution normale ?

L'hypothèse de normalité des variations de prix est testée avec les trois tests usuels que sont les tests de Chi², de Kolmogorov-Smirnov et Anderson-Darling. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous. La distribution des variations de prix est donnée graphique 1.4.

Tableau 1.1 : Distribution de DPALME, 1818-1997

	Moyenne	Ecart type	Skewness	Kurtosis	Tests <i>Chi</i> ²	de <i>Kolmogorov</i> - <i>Smirnov</i>	normalité <i>Anderson</i> - <i>Darling</i>
DPALME	0.000813	0.060079	0.7271	10.58929	954.4464 rejet	0.207679 rejet	45.49417 rejet

Graphique 1.4 : Distribution de DPALME

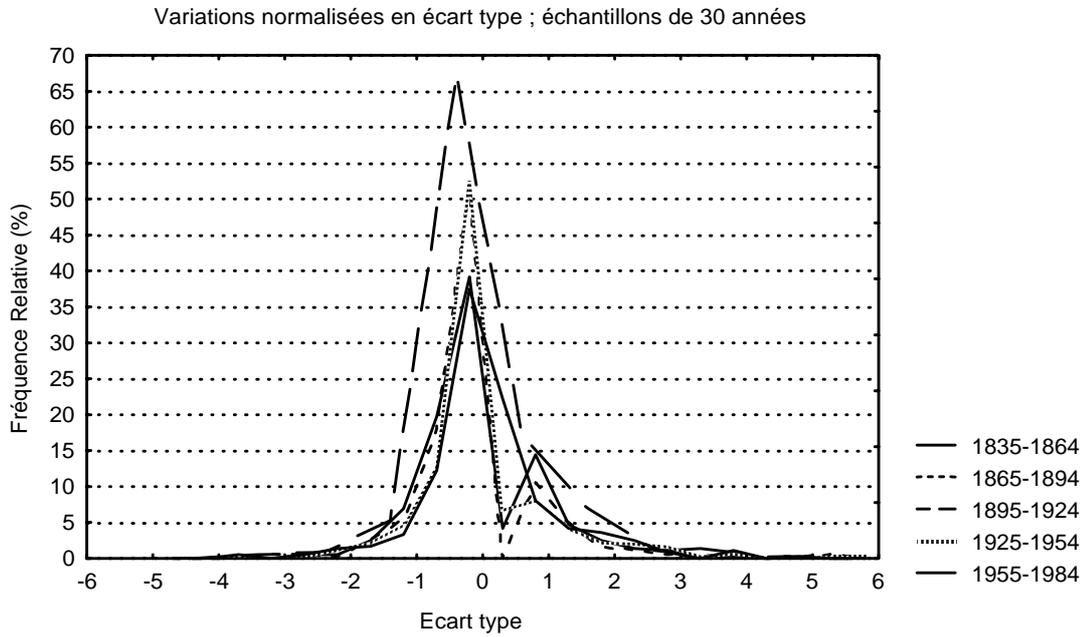


Résultat : Les trois tests sont rejetés au seuil de 1%. La série Dpalme n'est pas distribuée selon une loi normale.

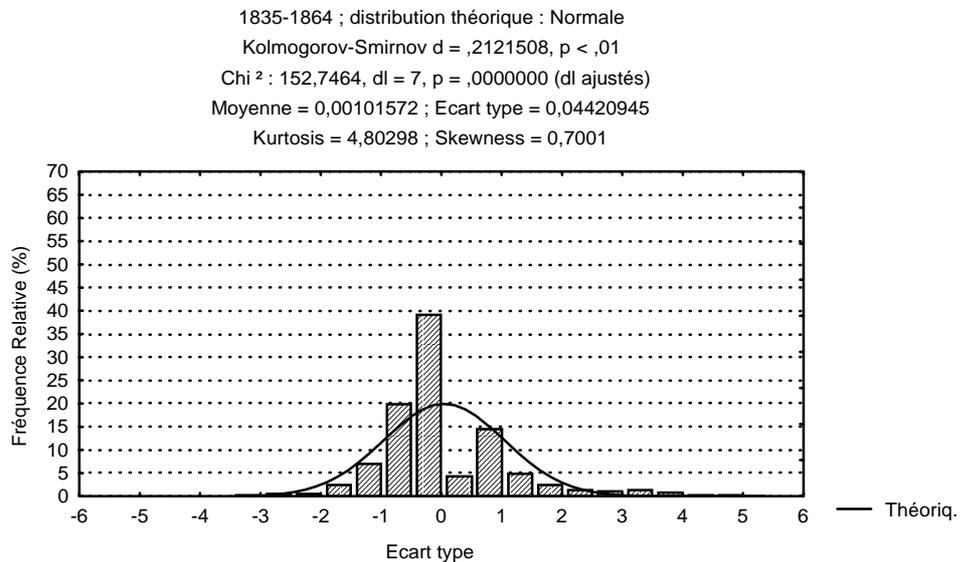
La division de la chronique de prix en sous-échantillons de trente années – de 1835 à 1864, de 1865 à 1894, de 1895 à 1924, de 1925 à 1954 et de 1955 à 1984 – produit des résultats communs : trop de faibles et de fortes variations, pas assez de moyennes. Normalisées en écart type à des fins de comparaison (on divise les variations de chaque échantillon de trente années par l'écart type de ce même échantillon), les distributions ont en effet une caractéristique invariante : l'anormalité, dont rend compte le graphique 1.6 : l'hypothèse de normalité est rejetée quelle que soit la longueur de l'échantillon et quelle que soit la sous période étudiée¹. Mais dissemblables d'une distribution normale, les distributions sont également dissemblables entre elles : elles se déforment dans le temps (graphique 1.5).

¹ Signalons que des résultats similaires ont été trouvés sur des valeurs d'action aux XVIII^e et XX^e siècle par Harrison (1998).

Graphique 1.5 : Comparaison des distributions normalisées en écart type

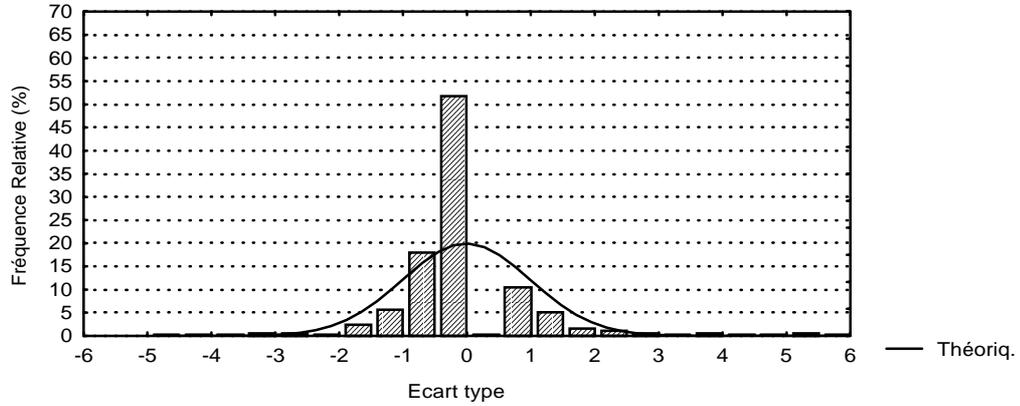


Graphique 1.6 : Distribution normalisée en écarts types de DPALME
Périodes de 30 ans, 1835-1984

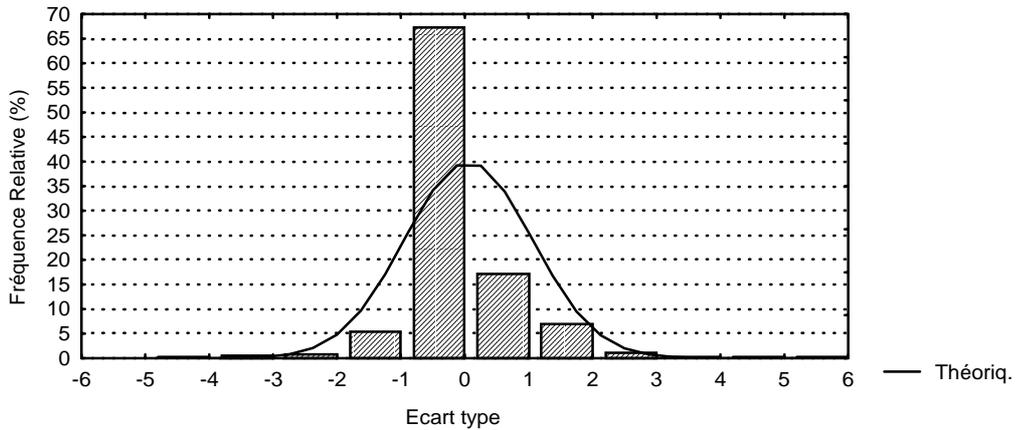


Graphique 1.6 (suite)

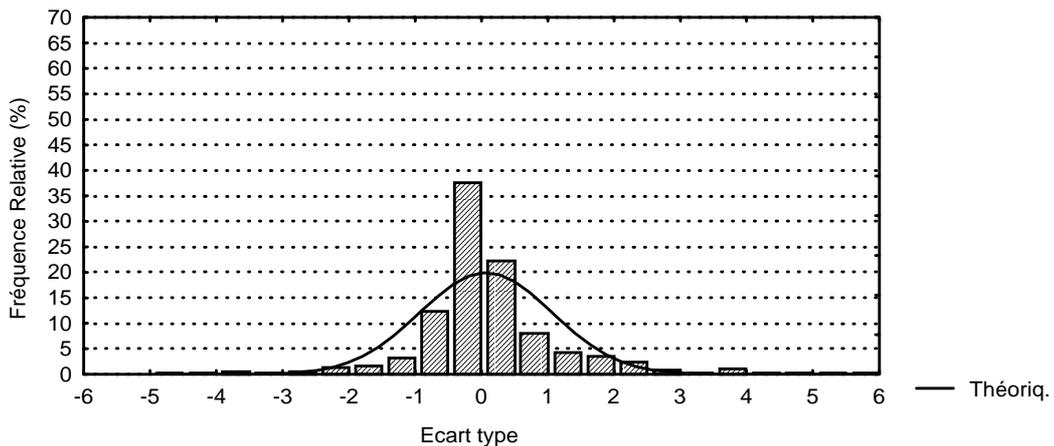
1865-1894 ; distribution théorique : Normale
 Kolmogorov-Smirnov $d = ,2910527$, $p < ,01$
 $\text{Chi}^2 : 297,1076$, $dl = 7$, $p = 0,000000$ (dl ajustés)
 Moyenne = $-,00101572$; Ecart type = $0,04166831$
 Kurtosis = $8,85816$; Skewness = $0,7494$



1895-1924 ; distribution théorique : Normale
 Kolmogorov-Smirnov $d = ,2615115$, $p < ,01$
 $\text{Chi}^2 : 188,9783$, $dl = 3$, $p = 0,000000$ (dl ajustés)
 Moyenne = $0,0018069$; Ecart type = $0,0599168$
 Kurtosis = $22,38224$; Skewness = $1,8304$



1955-1984 ; distribution théorique : Normale
 Kolmogorov-Smirnov $d = ,1276304$, $p < ,01$
 $\text{Chi}^2 : 118,4961$, $dl = 7$, $p = ,0000000$ (dl ajustés)
 Moyenne = $0,0048661$; Ecart type = $0,0684613$
 Kurtosis = $6,58505$; Skewness = $0,3008$



2) *Une distribution changeant dans le temps : mesures de l'exposant caractéristique*

La déformation de la distribution des variations de prix est soulignée par l'estimation d'une loi stable ajustée aux distributions empiriques. On a dit dans l'introduction qu'en réponse aux écarts avérés entre les distributions réelles et la distribution gaussienne, des lois de probabilité alternatives avaient été recherchées, susceptibles, mieux que la loi normale, de décrire les variations de prix. Ainsi Mandelbrot (1963), le premier, a-t-il introduit l'hypothèse de variations de prix suivant une loi stable ou « Lévy-stable » : « le caractère leptokurtique des lois stables non gaussiennes, plus forte concentration autour de la moyenne et queues de distribution plus épaisses, se traduit au niveau du comportement d'une série temporelle par des périodes d'assez grande stabilité, interrompues parfois par de brusques écarts » (Daloz et Gros Lambert, 1998 : 8). Brusques écarts similaires à ceux constatés sur séries réelles. Le logarithme de la fonction caractéristique des lois stables est de la forme :

$$\log \phi(t) = i\delta t - c|t|^\alpha \left[1 + i\beta \left(\frac{t}{|t|}\right) \left(\tan \frac{\pi\alpha}{2}\right) \right] \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} 0 < \alpha \leq 2 \\ -1 \leq \beta \leq 1 \\ \delta \in \mathbb{R} \\ c \geq 0 \end{array} \quad [1.4]$$

Les lois stables ne dépendent que de quatre paramètres : α , β , c , δ , dont le plus important est le paramètre α ou « exposant caractéristique ». α renseigne sur la hauteur des queues de distribution : plus il est faible, plus les queues sont épaisses et la distribution leptokurtique. Le cas $\alpha = 2$ correspond à la loi normale qui est une loi stable comme une autre. Un autre cas connu est celui $\alpha = 1$ qui est celui de la loi de Cauchy. Lorsque $\alpha < 1$ la moyenne de la distribution n'est pas définie ; lorsque $1 < \alpha < 2$ la distribution possède une moyenne finie mais des moments d'ordre 2 et au-delà infinis. β est l'indice de symétrie : il est nul lorsque la distribution est symétrique, positif lorsqu'elle est dissymétrique à droite, négatif lorsqu'elle est dissymétrique à gauche. c et δ sont les paramètres d'échelle et de position.

Mandelbrot (1963) et Fama (1965b) ont affirmé que l'essentiel des prix d'instruments financiers pouvaient être modélisés par une distribution stable avec $1 < \alpha$

≤ 2 : mais les estimations empiriques sont plus nuancées. Menées principalement sur des marchés à termes, elles infirment tantôt l'hypothèse d'une distribution stable (Hudson *et alii*, 1987 ; Hall *et alii*, 1989 ; Gribbin *et alii* 1992), l'acceptent ailleurs (Cornew *et alii*, 1984 ; So, 1987). Il semble qu'en plus de la difficulté mathématique d'estimer des distributions dont l'écriture analytique de la fonction de densité est impossible, ce qui est le cas des lois stables dès lors que $1 < \alpha < 2$, le bouleversement dans les stratégies de couverture et les anticipations que produit le basculement d'un univers gaussien à un univers stable ou « parétien » explique la place réduite qu'occupent encore aujourd'hui les lois stables dans la littérature et le monde des affaires.

On estime la valeur de l'exposant caractéristique de la distribution des variations des prix de l'huile de palme, sur toute la longueur de l'échantillon d'abord, puis sur les cinq échantillons de trente années, afin d'en confirmer par la mesure les déformations. Nolan (1997) a développé une procédure d'estimation, qui, à partir d'approximations numériques de la fonction de densité de probabilité, conduit à maximiser la fonction log vraisemblance. Capricieuse, cette procédure n'a pas convergé avec nos données ; on l'a rejetée au profit de celle, plus ancienne, de Fama et Roll (1968, 1971) et de Mc Culloch (1986, 1994), basée sur les propriétés des quantiles des lois stables afin d'obtenir des estimateurs asymptotiquement sans biais des quatre paramètres de la distribution. Les résultats sont donnés tableau 1.2, dans lequel on a ajouté l'estimation du coefficient de symétrie β .

Tableau 1.2 : Mesure de l'exposant caractéristique α et de la symétrie
Série Dpalme

Période	1818-1997	1835-64	1865-94	1895-1924	1925-54	1955-84
α	1.30	1.59	1.15	1.22	1.01	1.21
β	0.11	0.35	0.02	0.01	0.09	0.20

L'exposant mesuré varie entre 1.01 et 1.59, suggérant, à défaut de confirmation statistique qui soulève de sérieux problèmes, la différence d'une période sur l'autre de la hauteur des queues de distribution et, au-delà, la non stationnarité de la distribution des variations de prix. Toujours estimé inférieur à 2, α indique une variance infinie – il tombe même jusque à des valeurs proches des distributions de Cauchy.

3) Mesurer la volatilité : quelle longueur d'échantillon faut-il retenir ?

Il peut à partir des derniers résultats sembler absurde de persister à travailler sur la volatilité en raisonnant en terme de variance ou d'écart type puisque si l'écart type d'une distribution empirique est toujours fini (c'est celui que l'on étudie), l'écart type de la loi stable associée n'existe pas. On voit par ailleurs toute la difficulté et l'entière subjectivité de la mesure de la volatilité qui changera considérablement selon que l'on retienne les 5, 10, 30 ou 100 dernières périodes de l'échantillon. Les déformations de la distribution, que celle-ci soit empirique ou ajustée par une loi stable, en abolissant l'objectivité de la mesure de la volatilité (mesure impossible sur une loi stable ajustée ; mesure dépendant de la longueur de l'échantillon sur une distribution réelle), nous laissent le choix sans nous donner de solution. On peut ainsi, dans notre cas, construire de manière parfaitement arbitraire des variances sur trente années ; ou bien encore une série temporelle des variances annuelles.

Ainsi avec $DPalme_t$ de moyenne \overline{DPalme} sur chaque échantillon de longueur n (\overline{DPalme} dépend de n mais on allège l'écriture en supprimant l'indice), la volatilité V_n est définie sur n périodes contiguës :

$$V_n = \frac{\sum_{t=1}^n (DPalme_t - \overline{DPalme})^2}{n-1} \quad [1.5]$$

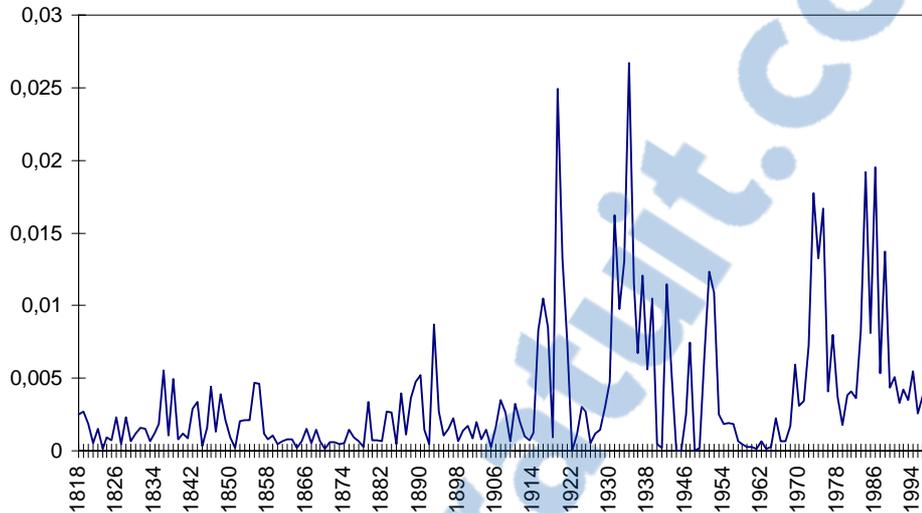
dont les changements d'une période sur l'autre sont donnés par :

$$L_n = V_n - V_{n-1} \quad [1.6]$$

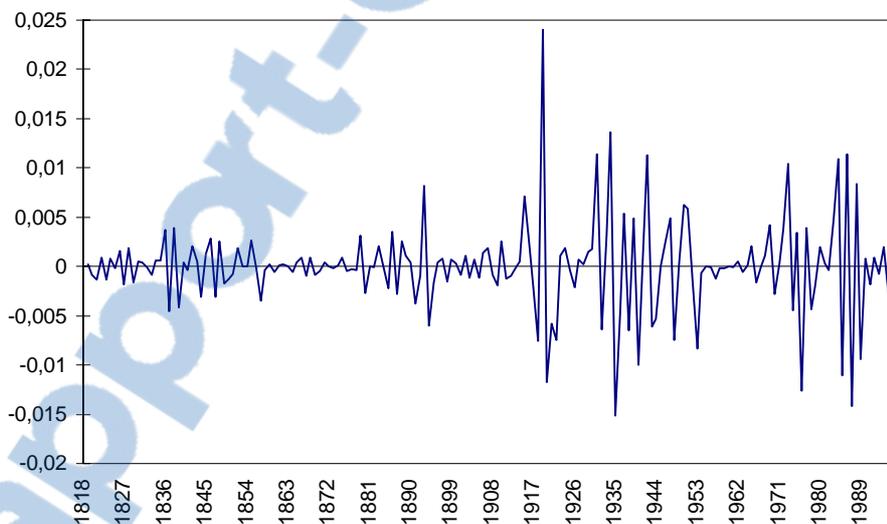
L_n donne la variation de la volatilité mesurée sur n mois. On choisit $n = 12$, soit une année. L'évolution de la volatilité année après année est donnée graphique 1.7, ses variations L_n graphique 1.8. L'exercice n'est pas vain, puisque qu'il nous enseigne que l'entre-deux guerres visiblement marque un changement d'échelle, une multiplication entre deux et trois de la volatilité annuelle, tandis que des phases hautes et basses se poursuivent tout le long des deux siècles en conservant entre elles leur proportion : le

XX^e siècle serait un zoom, de grossissement deux à trois, du siècle précédent.

Graphique 1.7 : Evolution de la volatilité V_n , $n=12$ (1818-1997)



Graphique 1.8 : Variations \ln de la volatilité, $n = 12$ (1818-1997)



Nous allons voir au fur à mesure que nous progressons dans cette partie qu'il est possible de travailler sur des variances mensuelles, et qu'il est même possible de mesurer et de dater objectivement, statistiquement, les changements d'ampleur de cette variance mensuelle ; et parce qu'une datation objective - et non pas visuelle comme sur

le graphique précédent - est rendue possible à l'échelle du mois², d'une part, et qu'elle est d'autre part indispensable à notre recherche des sources historiques de la volatilité (qu'est-ce qu'une histoire sans date ?) c'est le mois que nous retiendrons comme unité. Mais poursuivons notre cheminement, prenons les questions dans l'ordre ; nous avons traité de la distribution ; on s'attelle maintenant à la recherche de quelque preuve de l'existence de cycles périodiques qui scanderaient, depuis le XIXème siècle, la succession des cours de l'huile de palme.

III) Absence de cycles réguliers et présence de non linéarités

1) Cycles périodiques

On cherche à détecter la présence de cycles réguliers, périodiques, dans la série Dpalme par une analyse de Fourier. L'objectif de l'analyse spectrale est de décomposer une série chronologique avec des composantes cycliques en fonctions (sinus et cosinus) sinusoïdales sous-jacentes de longueurs d'ondes particulières. Les résultats d'une analyse spectrale permettent de mettre en évidence les éventuels cycles récurrents.

Le modèle est celui d'une régression multiple linéaire, dont la variable dépendante est la série chronologique observée, et les variables indépendantes les fonctions sinus de toutes les fréquences possibles.

$$DPALME_t = a_0 + \sum_{k=1}^q [a_k * \cos(\lambda_k * t) + b_k * \sin(\lambda_k * t)] \quad [1.7]$$

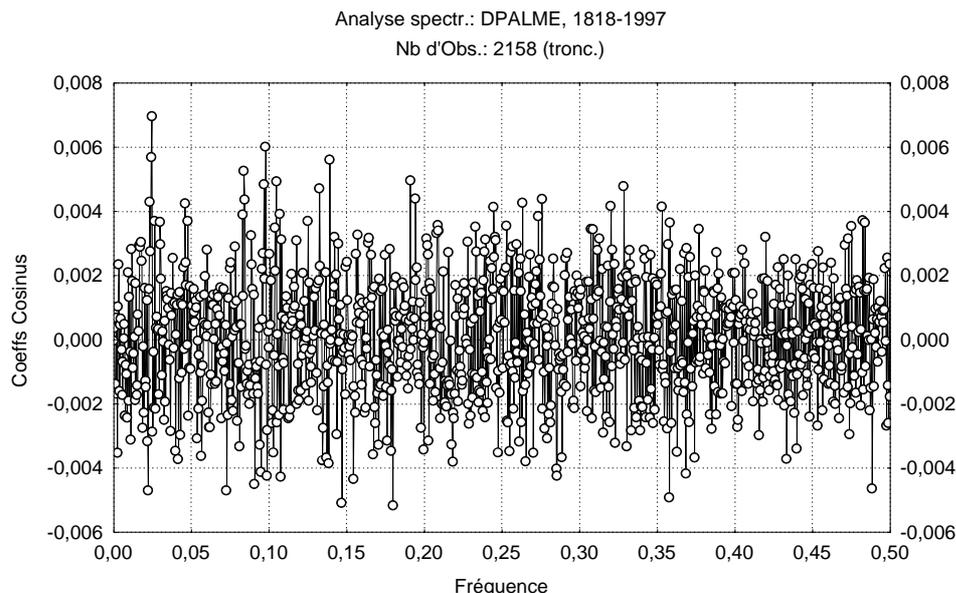
Suivant la notation courante de l'analyse harmonique, dans cette équation λ est la fréquence exprimée en terme de radians par unité de temps, c'est-à-dire : $\lambda = 2\pi * \nu_k$, et $\nu_k = k/q$. Le paramètre a_k et le paramètre b_k sont les coefficients de régression indiquant le degré auquel les fonctions respectives (cosinus et sinus) sont corrélées aux données : une corrélation importante signale la périodicité³.

² C'est le modèle de changements de la volatilité de Hamilton (1990) mentionné dans l'introduction.

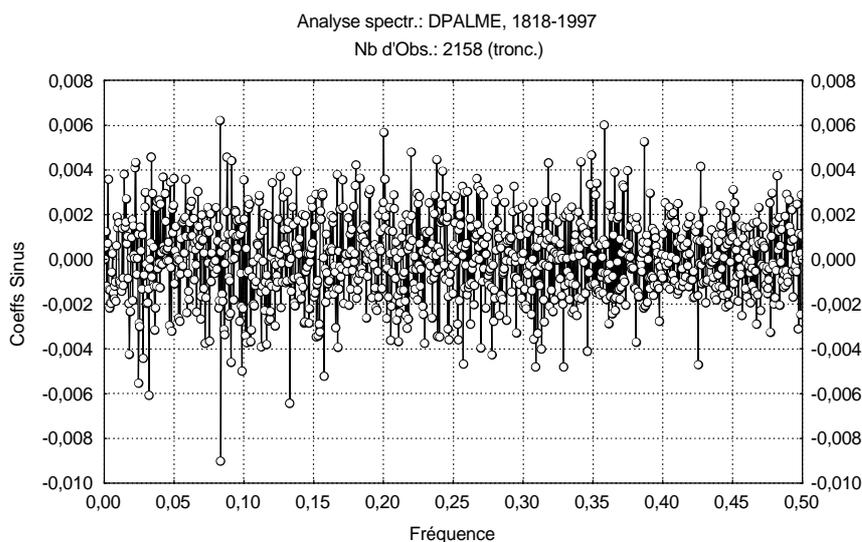
³ Il existe q différentes fonctions sinus et cosinus. Il ne peut y avoir plus de fonctions sinus et cosinus que de points dans la série. Sans entrer dans les détails, si la série comporte N points de données, il y aura N/2+1 fonctions cosinus et N/2-1 fonctions sinus : il y aura autant d'ondes sinusoïdales qu'il y a de points de données, et il sera possible de reproduire la série complètement à partir des fonctions sous-jacentes.

Résultat : l'équation [1.7] est estimée avec $X_t = DPALME_t$. Les coefficients des fonctions sinus et cosinus sont reportés graphiques 1.9 et 1.10. Leur contribution homogène n'isole aucune fréquence particulière et accuse l'absence de cycles réguliers.

Graphique 1.9 : Analyse spectrale DPALME, 1818-1997, coef. a_k



Graphique 1.10 : Analyse spectrale DPALME, 1818-1997, coef. b_k



On continue d'explorer le hasard, un hasard non gaussien et apériodique.

Troisième question. Quelle est sa structure : est-elle affine ou non linéaire ? Question aux implications techniques mais aussi économiques puisque dans un premier cas, et dans l'hypothèse où l'on se trouve sur un marché libre, les prix varient en proportion directe de l'écart entre l'offre et la demande, et, quoique non gaussiens, ceux-ci préservent l'espoir d'utiliser les filtres traditionnels des séries temporelles qui en débarrassant la série de ses variations extrêmes lui fournissent un cadre normal dans lequel les outils économétriques classiques de prévision et de couverture pourront être appliqués ; tandis que dans le deuxième cas les réactions sont non linéaires, les prix amplifient l'écart hors de toute proportion ; résistant aux filtres classiques d'extraction de tendance, ils laissent planer la menace ponctuelle de ruine sur la tête des acteurs.

2) Non linéarités

La non linéarité est testée sous deux formes. La forme la plus simple est celle de l'hétéroscédasticité conditionnelle ou corrélation des variances : elle renvoie à la corrélation des moments d'ordre deux, et, pour reprendre l'expression de Kohers *et alii*. (1997), à une dépendance non linéaire multiplicative. On la détecte par la procédure ARCH (pour *AutoRegressive Conditionnal Heteroscedasticity*) mise au point par Engle (1982) afin d'expliquer « le syndrome de variance infinie » de Mandelbrot sans recourir aux lois stables. Elle renseigne sur l'évolution de la dispersion dans le temps, la corrélation de la variance d'aujourd'hui à celle d'hier se traduisant en effet par la concentration de la variance, par des « noeuds » de volatilité succédant à des périodes plus calmes dans un enchaînement sans déterminisme apparent. On parle pour cette raison de non linéarité « stochastique » : la variance s'agrège et se désagrège de manière fortuite. Un exemple est donné par le modèle suivant (Gourieroux, 1992 : 21) :

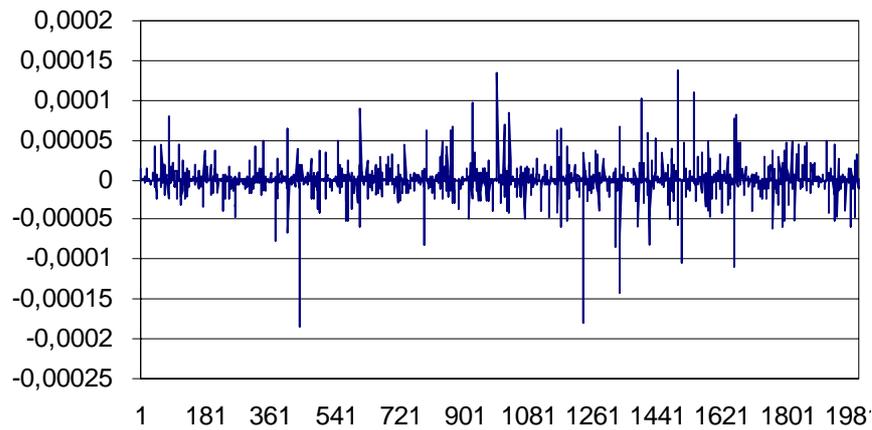
$$Y_t = \varepsilon_{t-1}^2 \varepsilon_t \quad [1.8]$$

où ε est un bruit blanc gaussien de variance σ^2 . Une trajectoire correspondant à Y_t est donnée graphique 1.11. Les variabilités diffèrent selon les périodes. A titre de comparaison, le bruit blanc ε_t de [1.8] est rapporté graphique 1.12.

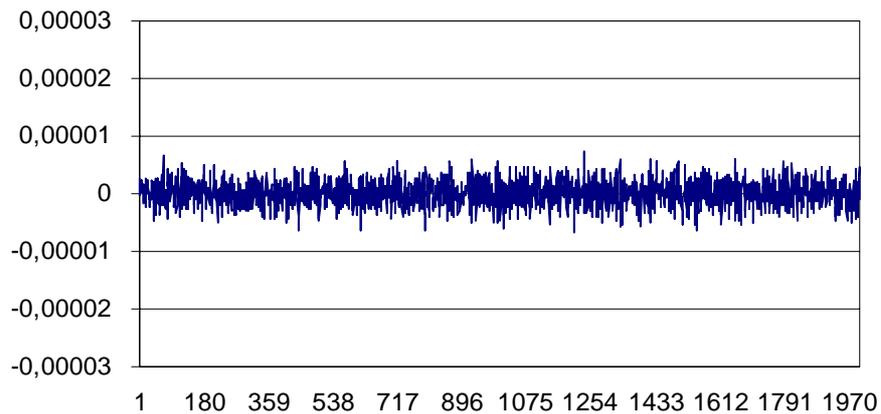
La seconde méthode est due à Hsieh (1989a). Elle repose sur l'analyse des

dépendances non linéaires additives qu'imposent les moyennes. Elle renvoie à des non linéarités en niveau et est qualifiée en conséquence de « déterministe » par Kohers *et alii* (1997).

Graphique 1.11 : Modèle Arch, 2000 points



Graphique 1.12 : bruit blanc, 2000 points



a) Le test ARCH de non linéarité par la variance

On suppose dans ce test que la série étudiée $\{e_t\}$ est distribuée selon une loi normale de moyenne nulle et de variance corrélée dans le temps :

$$e_t \sim N(0, \sigma^2 (1 + \alpha e_{t-1}^2)) \quad [1.9]$$

Le modèle ARCH est testé par la régression de la série $\{e_t\}$, $t = 1..T$, élevée au carré : $\{e_t^2\} = \{Z_t\}$, $t = 1..T$, sur elle-même décalée d'une unité de temps :

$$Z_t = \text{constante} + a Z_{t-1} \quad [1.10]$$

Engle (1982) a montré que la statistique $T \cdot R^2$ de la régression [1.4] sous l'hypothèse nulle [1.3] est distribuée asymptotiquement selon un $\chi^2(1)$. Ainsi un $\chi^2(1)$ significatif à 1% conduit à accepter l'hypothèse de corrélation de la variance et, en conséquence, de non linéarité par la variance dans la série.

Résultat : On a soumis la série DPALME, ainsi qu'une série DPALME filtrée par application d'un modèle auto-régressif simple de type AR(p), à ce test⁴.

Tableau 1.3 : Résultat du test ARCH de corrélation des variances

	$\chi^2(1)$
DPALME	62.150***
DPALME-AR	45.877***

*** = significatif à 1%

Le χ^2 est significatif à 1% dans les deux cas : l'hypothèse d'autocorrélation des variances et de non linéarité dans la série ne peut être rejetée.

Interprétation : la variance change dans le temps. La variabilité d'aujourd'hui est corrélée à la variabilité d'hier, conclusion qui rejoint celles de quantités d'études sur

⁴ p est déterminé sur la base du critère d'Akaike et vaut 18. Le filtre AR, sur lequel il est inutile de s'étendre ici, consiste à supprimer la (faible) dépendance linéaire des variations de prix : on régresse Dpalme sur elle-même décalée de 1, 2, ..., p périodes et on conserve le résidu de la régression : ce résidu est la série « filtrée ».

la dynamique des cours boursiers, de change et des produits agricoles, réalisées à de pures fins économétriques ou en vue d'améliorer le modèle d'option de Black (1976) et de Black et Scholes (1973) dans lequel la variance du sous-jacent est supposée constante⁵. Il s'agit d'une confirmation, guère d'une surprise : la forme de la courbe de la distribution des variations de prix, avec ses queues allongées, laissait deviner pareil résultat.

On a dit que la distribution des variations des prix du palme se déformait au cours du temps. On montre ici que la non linéarité par effet Arch ou non linéarité par la variance n'est pas une propriété atemporelle de la chronique : il est remarquable qu'à deux reprises, lorsqu'on se penche sur l'examen des cinq échantillons de trente années présentés plus haut qui découpent en cinq périodes égales le tronçon 1835-1984, la volatilité Arch disparaît : disparition presque totale entre 1865 et 1894 et disparition totale entre 1895 et 1924 (tableau 1.4 dans lequel on a rajouté des tests sur deux périodes de longueur égales, 1835-1913 et 1919-1997). Il sera intéressant d'en connaître la raison.

Tableau 1.4 : Test de non linéarité par la variance sur plusieurs sous échantillons

Période	1818-1997	1835-1913	1919-1997	1835-64	1865-94	1895-1924	1925-54	1955-84
ARCH test	45.877***	18.986***	34.658***	10.613***	3.833*	0.044	10.373***	24.565***

*** significatif à 1 %

** significatif à 2,5 %

* significatif à 5 %

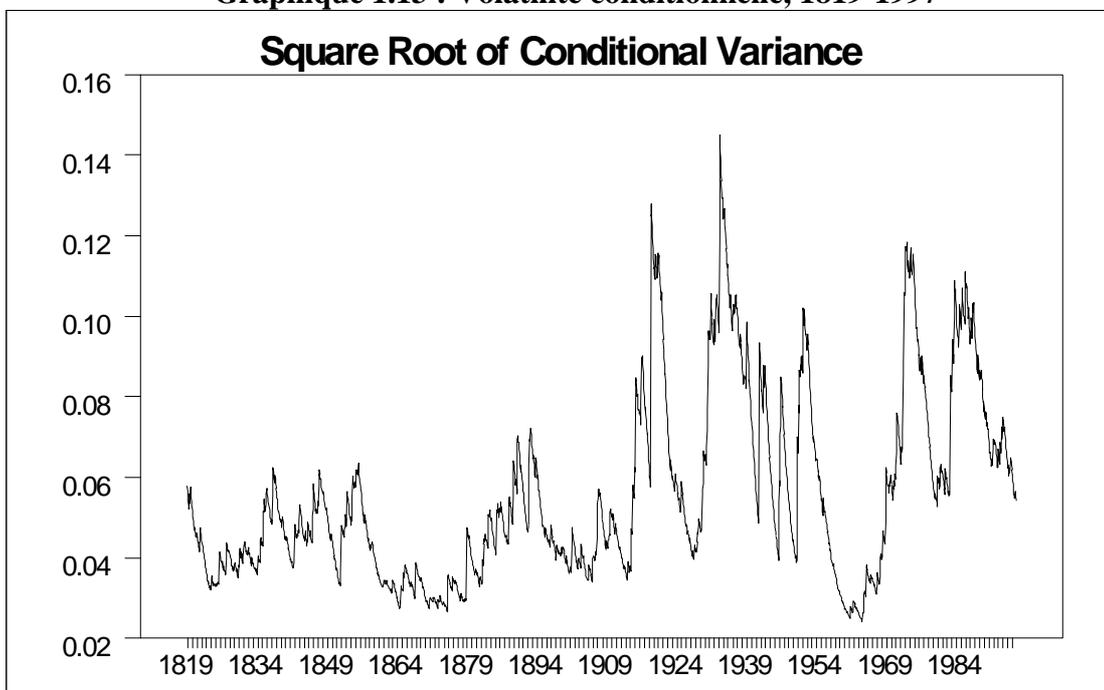
Il est très simple d'utiliser le test ARCH pour visualiser l'évolution de la variance conditionnelle dans le temps. La méthode est la suivante : on filtre la série DPALME en appliquant un modèle auto-régressif (AR) traditionnel mais en supposant que la variance de la série filtrée, h_t , est variable :

$$DPALME_t = \text{constante} + \sum_{i=1}^p a_i DPALME_{t-i} + e_t$$

⁵ Citons Hsieh (1989b), Myers (1994), Engle et Ng (1993), Heynen *et alii* (1994). Les toutes premières applications des modèles ARCH remontent à la fin des années 80 et concernaient les taux de change. On les trouve chez Bollerslev (1987), Diebold (1988), Diebold et Nerlove (1989), Diebold et Pauly (1988), Engle et Bollerslev (1986), Hsieh (1989b), Miløj (1987).

h_t ou « variance conditionnelle » est en général donnée par l'expression $h_t = c_0 + q_1 e^2_{t-1} + p_1 h_{t-1}$. On comprend pourquoi h_t est appelée la variance conditionnelle : elle dépend d'elle-même à l'instant précédent, h_{t-1} . Le chapitre 4 revient en détail sur l'estimation du modèle ; on désire simplement montrer ici, à la suite des tests précédents affirmant, selon les périodes, une corrélation de la variance dans le temps, ce à quoi cette variance ressemble. Le graphique 1.13, où l'on a reporté la racine carrée de la variance conditionnelle, par conséquent l'écart type conditionnel, donne une idée plus précise qu'un test des brusqueries de la volatilité.

Graphique 1.13 : Volatilité conditionnelle, 1819-1997



On n'apprend néanmoins rien de plus que ne nous ait appris le graphique 1.7. On assiste à nouveau à la reproduction au XX^e siècle de l'alternance de longues bouffées de volatilité (années 1930, 1970, 1980) et de plages de volatilité trois fois plus faible (les années 1960) que l'on constatait au XIX^e siècle (volatilité des années 1830-1850, 1880 ; plages trois fois moins volatiles des années 1860, 1870 et 1895-1905). Une succession de volatilité haute et basse, une sorte de volatilité fractale laissant intacte les proportions. On note aussi que la construction d'une variance dont le pas de temps est

égal à celui de la série originale des prix, une variance dont on suit les valeurs mois après mois, est possible. Sa construction mathématique nous dit également que la prévision à un mois est parfaitement envisageable : en t , libre à nous de calculer $h_{t+1} = c_0 + q_1 e^2_t + p_1 h_t$, expression dont tous les membres de droite sont connus. C'est un progrès : mais soyons exigeants, et en plus des prévisions à un mois dont on réserve l'examen de la validité statistique à un chapitre ultérieur (chapitre 4), persistons à vouloir expliquer la provenance des changements de la volatilité : de ces explications, on l'espère, nous retirerons l'avantage d'une prévision d'un terme plus lointain.

La connaissance des caractéristiques de la série n'est pas achevée. Des non linéarités peuvent se trouver ailleurs que dans les corrélations des variances. La recherche de non linéarités dans les moyennes, qualifiées de non linéarités « déterministes » à la différence de la précédente, a débouché à la fin des années 80 sur la construction d'un test dit test des moments d'ordre 3.

b) Le test Hsieh des moments d'ordre 3

On distingue habituellement deux classes de séries temporelles non linéaires selon que la non linéarité provienne de la moyenne ou de la variance (Brock *et alii.*, 1991 : 135) :

$$\text{Non-linéarité par la moyenne :} \quad x_t = A(J_t) + u_t \quad [1.11]$$

$$\text{Non-linéarité par la variance :} \quad x_t = B(J_t)u_t \quad [1.12]$$

où x_t est la série étudiée, $J_t = [x_{t-1}, \dots, x_{t-k}, u_{t-1}, \dots, u_{t-k}]$, avec u_t une variable aléatoire iid de moyenne nulle et indépendante des valeurs passées de x et u ; et A et B des fonctions non linéaires quelconques de J_t . La distinction entre non linéarité par la moyenne et non linéarité par la variance repose sur l'idée suivante. En notant :

$$F(J_t) = E[x_t | x_{t-1}, \dots, x_{t-k}] \quad [1.13]$$

la non linéarité par la variance ou non linéarité multiplicative implique d'après [1.12] que $F(J_t) = 0$ tandis que la non linéarité par la moyenne ou non linéarité additive implique que $F(J_t) \neq 0$. En supposant alors F continue et différentiable au moins deux

fois, un développement de Taylor à l'ordre 2 en 0 de F produit des termes en $x_{t-i}x_{t-j}$ sur lesquels la construction d'un test est possible : la non linéarité par la variance implique la non corrélation de x_t avec $x_{t-i}x_{t-j}$; la non linéarité par la moyenne implique au contraire la corrélation de x_t avec au moins un des $x_{t-i}x_{t-j}$ (Brock *et alii.*, 1991 : 137).

Tester l'absence ou la présence de corrélation des x_t avec les $x_{t-i}x_{t-j}$ se fait par l'entremise des moments d'ordre trois de x_t que l'on définit par :

$$\rho_{xxx}(i,j) = E[x_t x_{t-i} x_{t-j}] / \sigma_X^3 \quad [1.14]$$

L'hypothèse nulle $F(J_t) = 0$ implique que $\rho_{xxx}(i,j) = 0$ pour tout $i,j > 0$. Les moments d'ordre 3 de l'échantillon sont calculés :

$$r_{xxx}(i,j) = \left[\frac{1}{T} \sum x_t x_{t-i} x_{t-j} \right] / \left[\frac{1}{T} \sum x_t^2 \right]^{3/2} \quad [1.15]$$

où $r_{xxx}(i,j)$ est le coefficient de corrélation d'ordre 3 de x_t avec x_{t-i} et x_{t-j} et T la longueur de l'échantillon ($t=1...T$). Un test t est enfin construit afin de déterminer si chaque $r_{xxx}(i,j)$ est significativement différent de 0. On suppose pour cela que la distribution asymptotique de $r_{xxx}(i,j)$ suit une loi normale de moyenne nulle et de variance :

$$\left[\sum x_t^2 x_{t-i}^2 x_{t-j}^2 / T \right] / \left[\sum x_t^2 / T \right]^3 \quad [1.16]$$

Le test du moment d'ordre 3 prend l'expression :

$$t-stat = \frac{T^{-3/2} r_{xxx}(i,j) \left[\sum_t x_t^2 \right]^3}{\sum_t x_t^2 x_{t-i}^2 x_{t-j}^2} \quad [1.17]$$

Si au moins un des $r_{xxx}(i,j)$ est significativement différent de 0 (soit supérieur en valeur absolue à 2.576 au seuil de 1%), alors on démontre que la série comporte de l'autocorrélation d'ordre 3, i.e. des non linéarités par la moyenne.

Résultats : ils sont fournis dans le tableau 1.5 et concernent la série Dpalme dont on a supprimé les corrélations du premier ordre (soit la série Dpalme-AR18).

Tableau 1.5 : Corrélation des moments d'ordre 3 : t statistique
série Dpalme filtrée, 1818-1997

(i,j)	1	2	3	4	5
1	-0.2873	-0.4789	-1.7267	1.3849	2.0639**
2	0.9413	4.1656***	0.9320	-3.2358***	3.5131***
3	2.1529**	0.9901	6.1866***	8.6979***	4.0399***
4	9.3687***	-1.5716	-4.3218***	-5.2732***	6.8780***
5	-5.8787***	2.6633***	-3.9896***	5.7244***	-0.4823

*** : t significatif à 1%

** : t significatif à 5%

L'hypothèse nulle est rejetée : des non linéarités par la moyenne, déterministes, affectent la série des prix de l'huile de palme. Le résultat est important et souligne l'existence d'une dynamique non linéaire puissante. Il confirme qu'une dynamique complexe est à l'œuvre, dynamique dont l'état actuel des connaissances économétriques recommande la recherche des sources ailleurs que dans la série des prix elle-même⁶.

⁶ La présence de corrélation des moments d'ordre 3 pose en effet plus de problèmes qu'elle n'en résout : à l'inverse des non linéarités Arch que l'on sait à la fois détecter et corriger techniquement par l'application d'un filtre du même nom, sans souci ni nécessité de connaître les causes économiques du phénomène, les non linéarités par corrélation des moments d'ordre 3 et au-delà (non linéarités symptomatiques des dynamiques complexes comme les dynamiques chaotiques qui connaissent des corrélations de tous leurs moments), n'ont donné lieu à aucun filtre statistique qui permettrait de s'en débarrasser, de les gommer et de retomber dans le cadre gaussien : aucun modèle de gestion de portefeuille ou de couverture d'option n'a semble-t-il été développé à ce jour avec correction de l'effet, disons, « Hsieh ». La couverture et l'analyse strictement techniques appellent encore à l'aide, dans le cas d'une dynamique complexe, l'analyse économique et la compréhension des déterminants des variations de prix.

En conclusion que pouvons-nous dire des caractéristiques statistiques de Dpalme ?

- 1) Sa distribution est non gaussienne, marquée par un kurtosis élevé.
- 2) Sa distribution se déforme dans le temps.
- 3) Elle ne montre aucun cycle régulier.
- 4) Sa variance n'est pas stationnaire ; sa valeur dépend de la longueur de l'échantillon.
- 5) Cette même variance est corrélée dans le temps, phénomène à l'origine de non linéarités qualifiées de « stochastiques » à la suite de la forme usuelle de leur modélisation (ARCH).
- 6) Les non linéarités précédentes, de type Arch, ne sont pas détectées sur tous les sous-échantillons de la série : la période 1865-1924 en est exempte.
- 7) Enfin une non linéarité forte affecte les moyennes, quelle que soit la période étudiée.

Ces résultats sont liés. Ils appellent une même conclusion : la dynamique des prix de l'huile de palme est complexe au sens de Day (1992). Est-elle pour autant générée par des équations invariantes ou subit-elle des modifications endogènes de sa structure au cours du temps ? La déformation de la distribution des variations de prix et la disparition ponctuelle des bouffées de volatilité de type Arch laissent percer l'idée que plusieurs structures de marché, ou puisque l'on raisonne ici en termes statistiques, plusieurs systèmes d'équations déterminent tour à tour le cheminement des prix.

CHAPITRE 2

PROPRIETES DYNAMIQUES : LES ENJEUX

Nous traitons dans ce chapitre de dynamique complexe, et en premier lieu du chaos : qu'est-il, d'où vient-il, et que vient-il faire en économie ? On connaît l'histoire du météorologue Lorenz (1963) dont le modèle de météo miniature, un modèle déterministe à trois équations non linéaires, produit des valeurs divergentes à partir d'un certain horizon dès lors que l'on modifie un des paramètres du système, même d'une valeur infime ; on accorde à ses expériences l'identification du chaos⁷. La sensibilité aux conditions initiales, dévoilée par Lorenz, a été mise en évidence dans l'introduction du présent travail à partir d'une fonction logistique simple de type $f(x) = ax(1-x)$: en fonction des valeurs données, à la décimale près, au paramètre a , la fonction $f(x)$ produira une suite de valeurs convergentes, périodiques, ou chaotiques. La sensibilité aux conditions initiales, particulièrement déconcertante dans un système déterministe puisqu'elle rend l'avenir incertain, est une des deux propriétés fondamentales du chaos. La seconde tient dans le désordre produit. Ce désordre n'est qu'apparent : il est borné. Quoique imprévisible, la suite des états du système ne s'écarte pas d'une région de l'espace vers laquelle elle est attirée et converge. Cette région, ou attracteur, a la particularité de posséder une structure étrange, lacunaire - on dit encore « feuilletée » -, traduction des étirements (divergence locale) et repliements (convergence globale) que l'évolution du système lui impose. Instabilité locale et stabilité globale sont les deux propriétés fondamentales du chaos. Avant d'aborder les raisons et les espoirs associés à l'intrusion du chaos en économie, nous revenons sur l'exposé d'un outil nécessaire à sa compréhension et à sa formalisation : l'espace des phases.

⁷ Parmi une quantité impressionnante d'articles et d'ouvrages d'histoire et de vulgarisation scientifiques, on se reportera par exemple au très célèbre Gleick (1991).

I) L'espace des phases

L'état d'un système dynamique est donné par un point dans un espace que l'on appelle espace des phases. Dans l'exemple d'un système simple comme un pendule, les coordonnées du système sont la position X et la vitesse X' : les axes orthogonaux X et X' seront choisis comme repère (X, X') de l'espace des phases. L'ensemble des états successifs du système quand le temps varie forme la trajectoire, ou orbite. Ainsi le mouvement d'un pendule qui oscille en perdant de l'énergie est-il représenté dans l'espace des phases par une spirale convergeant vers un point fixe. Les définitions mathématiques des orbites et de l'espace des phases sont simples ; nous les avons déjà données, appliquées à un système, le marché de l'huile de palme, dont la variable mesurable est le prix :

Soit $Y_i, i \in \{0, 1, \dots, n\}$ une partition de $Y \subset \mathfrak{R}^n$ et $\theta_i, i \in \{0, 1, \dots, n\}$, une suite d'applications / $\theta_i := Y_i \rightarrow Y$. Les différences premières des prix du palme y_t sont générées par le système dynamique :

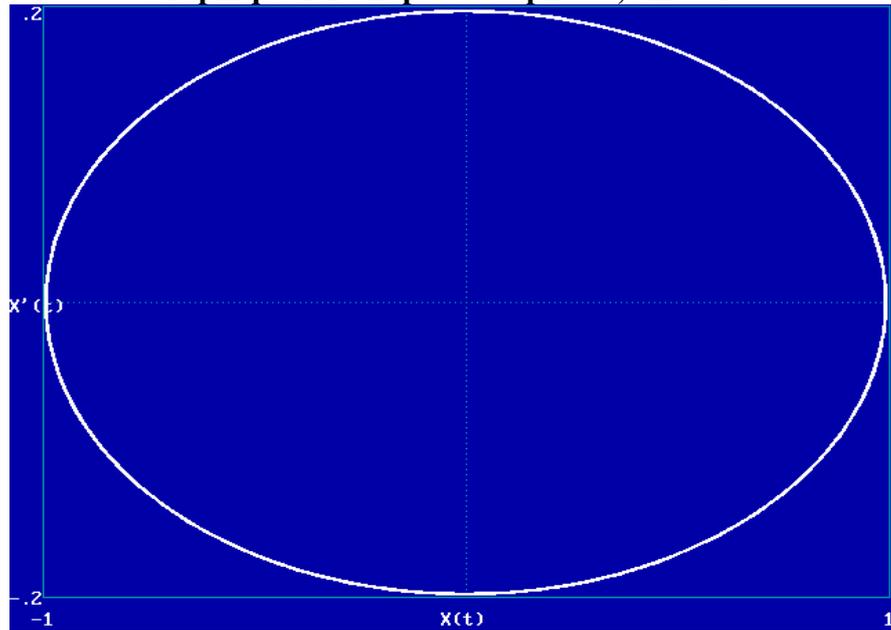
$$y_{t+1} = \theta(y_t) := \theta_i(y_t) \text{ si } y_t \in Y_i$$

où Y est appelé espace des phases. Les $Y_i, i \in \{0, 1, \dots, n\}$ sont les *zones de phase*. Les θ_i les *structures de phase* et les paires (θ_i, Y_i) les *régimes*. Une orbite sera une séquence $\tau(y) = \{y, \theta(y), \dots, \theta^n(y)\}$.

On souhaite ici montrer différents exemples d'orbites et d'espace des phases afin que leur construction ne reste pas purement théorique et déborde de l'encadré précédent. La visualisation des trajectoires fournit par ailleurs une première information sur la nature de la dynamique sous-jacente que l'on peut comparer à des trajectoires connues :

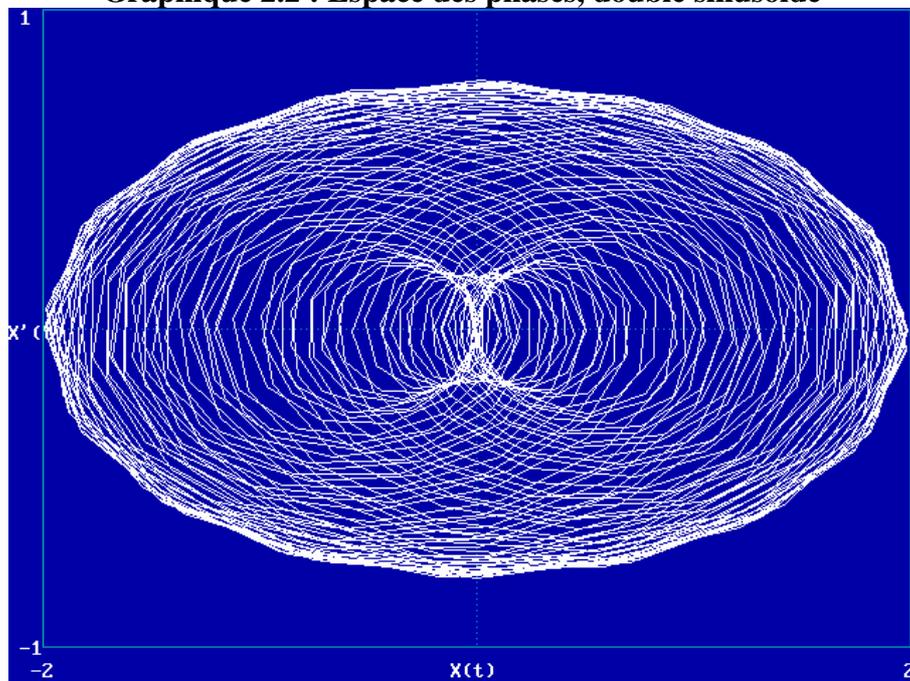
- Les trajectoires déterministes simples : les oscillations d'un pendule indéfiniment entretenues sont décrites par une trajectoire fermée, un cycle, que le système parcourt périodiquement (graphique 2.1).

Graphique 2.1 : Espace des phases, sinusoïde



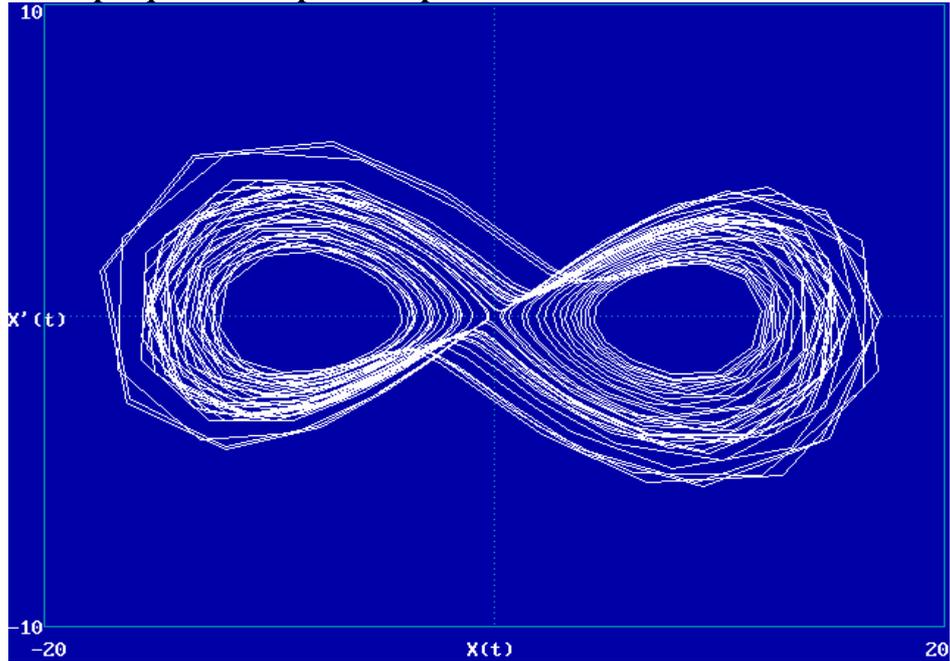
- Les trajectoires déterministes quasi-périodiques : aux mouvements quasi périodiques est associé un tore, c'est-à-dire une surface en forme de chambre à air, sur lequel la trajectoire s'enroule (graphique 2.2).

Graphique 2.2 : Espace des phases, double sinusoïde

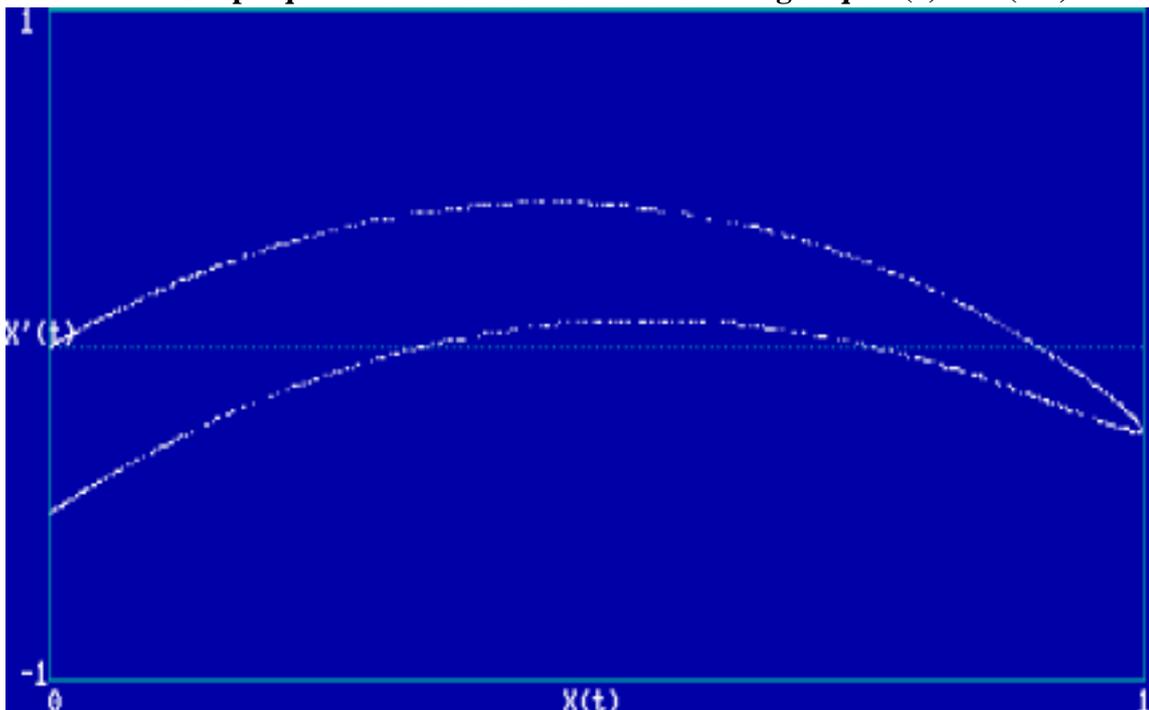


- Les trajectoires d'un système déterministe complexe ne comportent aucune période. Le cas le plus célèbre et le plus cité, égal de la drosophile en biologie, est l'attracteur de Lorenz (graphique 2.3). L'attracteur chaotique de la fonction logistique $f(x) = 4x(1-x)$ est donné graphique 2.4 ; celui d'une généralisation dans un espace à deux dimensions de la fonction logistique ou application de Henon est donné graphique 2.5.

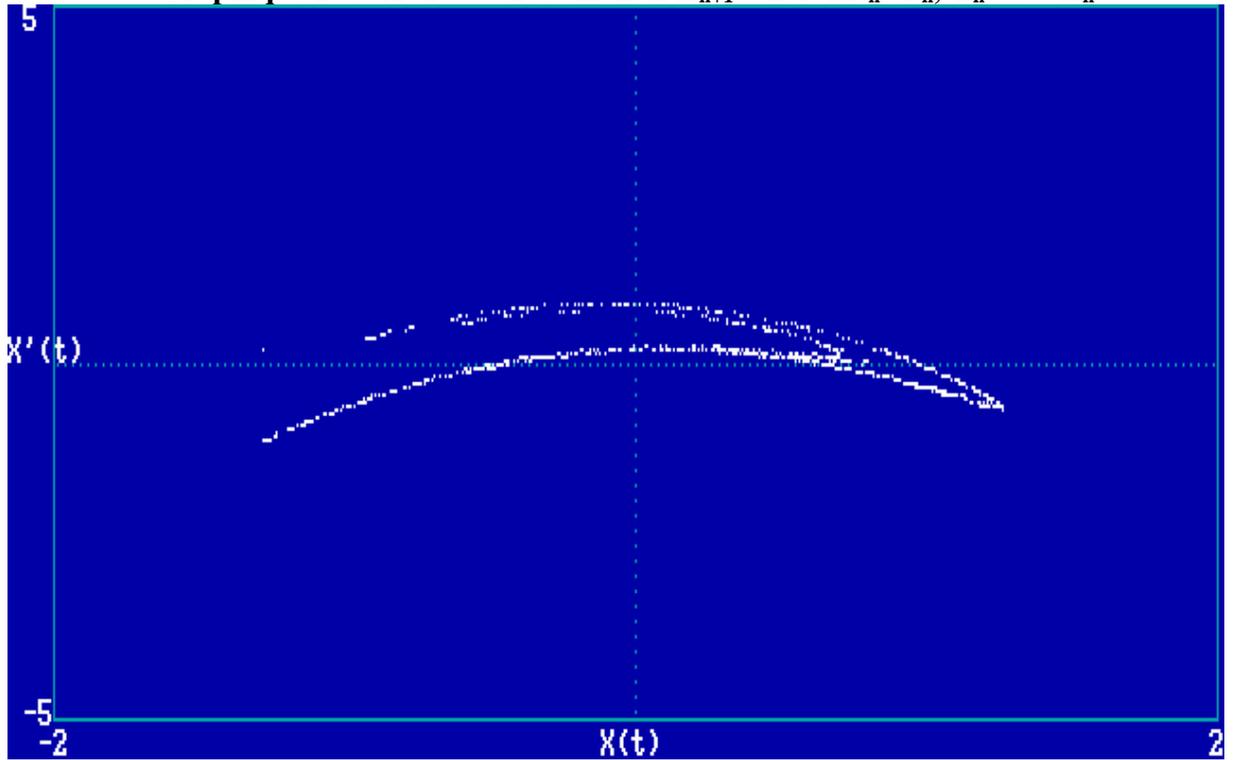
Graphique 2.3 : Espace des phases : attracteur de Lorenz



Graphique 2.4 : Attracteur de la fonction logistique $f(x) = 4x(1-x)$

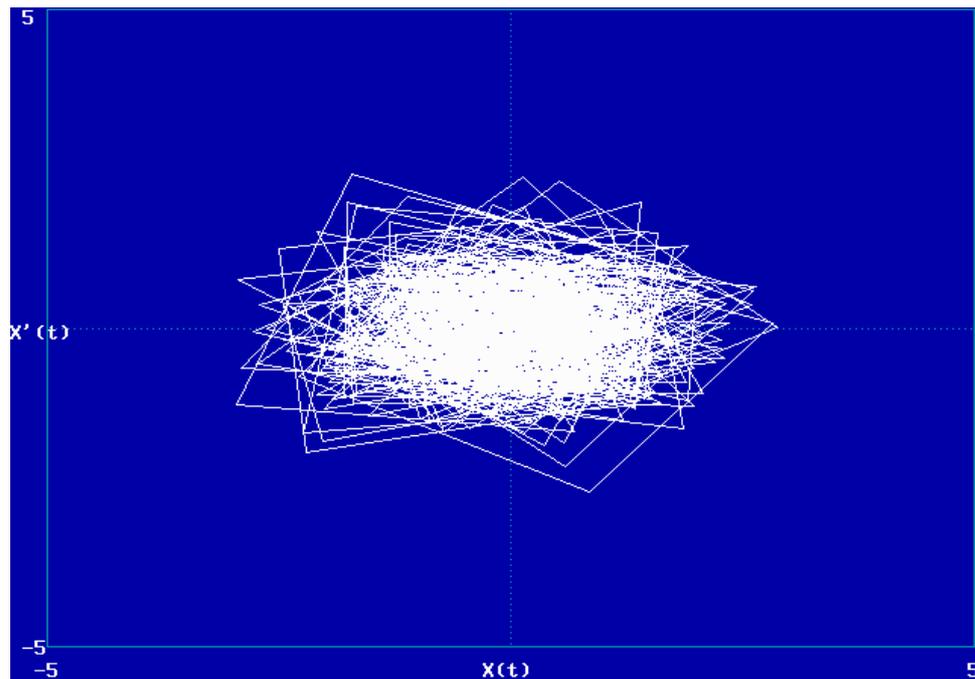


Graphique 2.5 : Attracteur de Henon $X_{n+1} = 1-1.4X_n^2+Y_n$, $Y_n = 0.3X_n$



- Les trajectoires sans structure déterministe ne possèdent pas d'attracteur. Ou plus précisément, l'attracteur est de dimension infinie : les trajectoires emplissent tout l'espace. On ne distingue aucune morphologie particulière (graphique 2.6).

Graphique 2.6 : Espace des phases : bruit blanc



II) Chaos et économie

L'attrait du chaos a très vite débordé les seuls problèmes de convection atmosphérique. Biologie, médecine, chimie, sciences sociales, jusqu'à la littérature de science-fiction⁸, il est peu de domaines dans lesquels depuis dix ans on ne se soit penché sur la question. En économie, si l'essentiel des contributions relève de l'analyse de série temporelle, analyse « technique » qui ne cherche pas les motifs économiques de la présence de dynamique complexe de type chaos, les enjeux de politiques économiques n'ont pas été ignorés pour autant. L'analyse technique endogénise les sources de fluctuations tout en conservant l'idée que la série de prix contient toutes les informations nécessaires à la prévision ; l'analyse économique recherche les sources des fluctuations et vérifie sur un modèle déterministe décrivant le fonctionnement du marché le bien fondé de ses suppositions. Dans les deux cas les chocs disparaissent.

1) *Des chocs mis en boîte*

Dans le premier domaine ou domaine technique, l'hypothèse fort répandue de fluctuations produites par des chocs exogènes, exprimés par une « innovation » aléatoire gaussienne, venant frapper une tendance, n'a jamais rencontré de vérification complètement satisfaisante sur les variables telles que les PIB, les prix de certaines denrées agricoles ou les valeurs d'actifs⁹. Le faible coefficient de corrélation lors de l'estimation des tendances d'une part, soulignant son poids congru, la distribution non gaussienne des fluctuations réelles débarrassées de leur tendance d'autre part, invalidaient l'hypothèse et contrariaient toute prévision. Citons Benhabib (1996 : 1) : « La croyance la plus répandue a été celle de fluctuations économiques imprimées par des chocs extérieurs. La dynamique chaotique n'a pas seulement fourni une alternative à l'explication d'au moins une partie des fluctuations, elle a aussi fourni une excuse aux difficultés rencontrées par les économistes dans leurs prévisions ». Le chaos, en accommodant imprévisibilité et déterminisme, arrivait à point nommé pour prolonger l'espoir de l'économiste de comprendre la volatilité des marchés et la succession des

⁸ Le best-seller de M. Crichton, *Jurassic Park* en est la plus célèbre et la plus lucrative illustration.

⁹ On se reportera pour mémoire aux échanges entre Nelson et Plosser (1982), Cochrane (1988) et Perron (1989).

cycles d'affaires, et l'espérance du financier d'accroître ses gains avec un risque mesuré par l'assurance apportée qu'une prévision de très court terme reste possible¹⁰. Soulignons que si les discussions de politique économique commencent à l'intégrer, la littérature économique et particulièrement la littérature d'économie politique est beaucoup moins prolifique sur le sujet que la littérature technique. On ne constate pas, comme tel fut le cas dans la décennie 80, l'utilisation d'une querelle d'économètres à des fins politiques. Ouvrons à ce propos une parenthèse : on se souvient de l'opposition entre partisans des tendances déterministes et des tendances stochastiques dans la modélisation des cours, opposition qui a très vite dépassé la chicane d'économètres et les querelles académiques pour occuper les colonnes entières de *Papers* du Fmi sur l'absurdité économique d'une politique de stabilisation – et ce jusqu'en 1994, à une époque où les matières premières occupaient l'arrière de la scène et où le démantèlement des caisses de stabilisation, notamment africaines, était amplement amorcé¹¹. Ainsi selon des auteurs comme Cuddington et Urzua (1989) et Deaton (1992), la pertinence d'une politique de stabilisation dépend de la nature des chocs, provisoire ou permanente. Des chocs provisoires autour d'une tendance déterministe sont une condition nécessaire de la stabilisation tandis qu'à l'inverse, la présence d'une racine unitaire forte, et donc de chocs permanents (type marche aléatoire), défendrait son inutilité. Selon la même idée Ghosh et Ostry (1994) précisent que les bénéfices à attendre d'une politique publique de stabilisation sont plus importants dans un environnement volatile et incertain : cette condition jointe à celle d'une tendance déterministe rendrait alors acceptable la stabilisation. Acceptable quoique improbable, la tendance déterministe « pure » n'étant presque jamais rencontrée. La résorption lente des chocs conduit globalement à une mise en garde contre la stabilisation : ainsi des dernières recommandations du FMI exprimées par Reinhart et Wickham (1994). On trouve en France chez Araujo Bonjean (1997) et Araujo Bonjean et Brun (1998) l'utilisation semblable de test de racine unitaire afin de justifier ou de critiquer les politiques de stabilisation, notamment dans la filière africaine du coton. Fermons la parenthèse.

La dynamique chaotique en économie a offert aux chercheurs l'opportunité de

¹⁰ La sensibilité aux conditions initiales n'altère la prévision qu'à partir d'un certain horizon ; on parle ainsi de « temps caractéristique » pour désigner le temps mis par une petite perturbation pour être multipliée par dix et affecter l'état du système.

¹¹ Ainsi de l'article de Reinhart et Wickham (1994) dont il est question plus loin.

comprendre l'existence de phénomènes d'apparence aléatoire, aperiodique, sans recourir à l'intervention d'événements extérieurs, des chocs, et de conserver intacte l'ambition d'expliquer entièrement les phénomènes économiques par un ensemble de causes, ensemble formalisé sous une forme fonctionnelle dont l'aléa est banni. On l'a dit de l'économétrie des séries temporelles ; c'est aussi le cas dans les domaines théoriques de l'économie, comme la théorie de la croissance¹², et politiques, avec des contributions notables en politique monétaire ainsi qu'en politique agricole sur lesquelles nous allons revenir. Quels changements apportent ou imposent le chaos ? Bouleversant la vision statique, atemporelle, de l'équilibre, et l'hypothèse de son unicité, les dynamiques complexes, dynamiques non linéaires et aperiodiques comme le chaos, insèrent tout d'abord la flèche du temps dans l'analyse économique : « l'histoire importe puisque le cheminement suivi par la variable, et le niveau atteint par celle-ci dépendront largement de la situation initiale » en raison de la sensibilité aux conditions initiales (Abraham-Frois et Berrebi, 1995 : IX). « Ce qui remet en cause un hypothèse longtemps apparue comme centrale, celle d'unicité de l'équilibre ; à l'opposé, on est envoyé à l'idée de pluralité d'équilibres, les accidents historiques, même infimes [...] pouvant avoir des conséquences tout à fait considérables » (id.). « Alors que l'on montrait jusque là qu'un système dynamique pouvait converger vers un point, une tendance, voire un cycle [...], la dynamique chaotique montrait la possibilité d'évolutions, de trajectoires bizarres où il n'y avait ni convergence, ni divergence, et cependant absence de cycles, absence de périodicité ; formes bizarres, que l'on peut caractériser rapidement en disant, avec beaucoup de précautions, que ces « attracteurs » sont à la fois - ô paradoxe ! - , globalement stables et localement instables » (ibid.). Cette disparition de l'équilibre unique et atemporel au profit d'une multitude d'équilibres rassemblés au sein d'une figure géométrique sur laquelle l'esprit humain n'a guère l'habitude de se pencher avant de prendre une quelconque décision (l'expérience prouvant que si vous dites à un agriculteur ou à un négociant que le prix d'équilibre du marché sur lequel il travaille n'est pas un prix mais, par exemple, l'objet ressemblant à la « paire de lunettes » qu'est l'attracteur de Lorenz, son embarras est tel qu'il se tait longuement ou vous remercie et vous met dehors) est à vrai dire le bouleversement essentiel produit par le chaos. Le

¹² Ainsi de Day (1982) dont le modèle d'accumulation du capital en temps discret prolonge celui de Solow en mettant en évidence la possibilité d'évolution chaotique, et de Goodwin (1990) autre précurseur de renom.

difficile problème des anticipations en économie dont on se croyait débarrassé par le baume de la théorie des anticipations rationnelles retrouve, avec le chaos, toute la longueur de ses épines.

2) *Anticipations et incertitude*

La première hypothèse des anticipations rationnelles est celle d'une optimisation en univers probabiliste ; la seconde est celle d'une identification des probabilités subjectives (concrètement les fréquences observées des événements à prévoir), à la probabilité réelle de cet événement dite encore probabilité vraie. Les agents selon Lucas (1977, traduit par Abraham-Frois et Berrebi, 1995) réagissent à des « changements cycliques [...] risqués », les cycles étant des « exemples répétés d'événements essentiellement semblables », formulation extrêmement précise, motivée, sans qu'il y paraisse, par la forme mathématique que Lucas souhaitait leur donner. La répétition d'événements semblables est en effet une série de chocs aléatoires, des chocs indépendants et identiquement distribués, sur lesquels les outils standard de la probabilité s'appliquent et assurent la résolution du problème d'optimisation des agents. L'hypothèse de convergence du prix d'équilibre anticipé et du prix d'équilibre réel est totalement arbitraire, comme a pu le montrer par exemple Malinvaud (1994). Le chaos ne fait que renforcer l'invraisemblance d'une anticipation exacte puisqu'en raison de la multiplicité des équilibres possibles et de la sensibilité aux conditions initiales, le système économique (le marché) lui-même, pour peu que son temps caractéristique soit bref, est incapable de déterminer à l'avance la valeur de son prochain équilibre. Il est totalement impossible alors que des agents, quand bien même ils posséderaient la représentation la plus exacte du fonctionnement du marché, parviennent à le surpasser et à connaître le prix futur.

Limiter les hypothèses d'anticipations rationnelles à des prévisions faites par un agent compte tenu de toute l'information dont il dispose¹³ en conservant l'idée d'un univers risqué dans lequel la fréquence voire la variance d'occurrence des événements dans le passé fournirait une probabilité « vraie » de leur occurrence future, expose, dans un univers chaotique, la théorie des anticipations rationnelles à des critiques tout aussi insurmontables. Car considérer que les agents anticipent au moyen de ce qu'ils connaissent, à savoir le présent et le passé, à partir desquels ils se représentent les avenir

possibles auxquels il affecteront des probabilités, n'a rien d'intenable ; supposer en revanche que l'univers économique est un univers risqué, probabiliste, dans lequel toutes les fluctuations sont « assurables » est beaucoup plus critiquable en univers complexe. On sait les conséquences de pareille supposition puisqu'il suffirait, selon elle, qu'il existât des institutions financières (compagnies d'assurance, marchés à terme) pour faire disparaître le risque associé aux erreurs de prévision : par la prise en charge des risques individuels et la multiplication des contrats, l'échange des risques individuels contre une prime est globalement sans risque pour l'institution : l'erreur, le risque, sont abolis en vertu de la loi des grands nombres qui garantit l'égalisation des indemnités versées à un terme égal au nombre de contrats multiplié par la valeur du sinistre moyen¹⁴. Mais comment procéder lorsque l'on a à faire à un hasard non gaussien, à des erreurs dont rien ne dit que la distribution de probabilité possède une fonction de densité ? « L'axiomatique de la théorie des probabilités évite soigneusement la question de la nature profonde du hasard », écrit Ekeland (1991 : 206). « [U]ne [...] réponse, tout à fait classique, [...] est de dire que le hasard provient de l'incertitude sur la condition initiale. Vous avez les systèmes déterministes qui sont très sensibles aux conditions initiales. Comme vous n'êtes pas assez fin pour observer la condition initiale, vous observez les conditions finales et puis, comme vous n'avez pas vu la condition initiale, il vous semble que tout cela vient du hasard. »¹⁵. C'est exactement le cas des marchés et des prix : les prix résultent de l'agrégation complexe d'offres et de demandes puis de leur confrontation sur le marché, agrégation dont l'observation directe est soumise à l'erreur, aussi préfère-t-on observer les prix – et que voit-on ? Ils se promènent en apparence « au hasard ». Est-il possible de trouver une distribution de probabilité (ou *measure*) décrivant ce hasard des marchés, distribution qui nous donnerait la probabilité que le système prenne telle ou telle valeur à l'avenir ? La probabilité d'un événement a-t-elle même un sens et

¹³ Ce « qui inclue d'ailleurs les prédictions faites à l'aide du marc de café » (Boussard, 1998 : 4).

¹⁴ C'est l'idée qu'un marché complet permet la disparition du risque, idée défendue par la Banque Mondiale selon laquelle les problèmes des PVD seraient tout des problèmes institutionnels, liés à l'absence d'un marché du risque, et dont la solution est tout entière dans le développement du secteur des assurances, du crédit, et des marchés à terme. On doit immédiatement préciser à ce propos que le risque ne disparaît pas réellement : « [L]a loi des grands nombres ne fait disparaître le risque. Au contraire, il continue de croître avec le nombre de lignes de portefeuille. Mais la loi des grands nombres fait croître le risque moins vite que le nombre de lignes composant le portefeuille (Samuelson, 1963), [Samuelson] qui a fort justement démontré l'inanité d'une croyance en la disparition de tout risque par la diversification » (Zajdenweber, 1995 : 928).

¹⁵ On passe sous silence « [la] deuxième réponse, qui consiste à dire que le hasard résulte du croisement de séries causales indépendantes. [...] Cela me semble [...] idiot parce qu'il n'y a pas de séries causales indépendantes dans l'univers. Le seul système isolé, c'est le monde tout entier [...] » (Id.).

une expression mathématique en dynamique complexe ? Répondre à ces questions nous amène à présenter la définition des mesures invariantes.

3) Mesures et probabilités

« Heureusement, il existe une alternative à la formulation des anticipations rationnelles » se réjouit Kelsey (1988 : 23). « Il est possible dans certaines circonstances de trouver une description d'un mouvement apériodique [et chaotique] » poursuit-il. On suppose comme toujours $Y_i, i \in \{0, 1, \dots, n\}$ une partition de l'espace des phases $Y \subset \mathfrak{R}^n$ et $\theta_i, i \in \{0, 1, \dots, n\}$, une suite d'applications / $\theta_i := Y_i \rightarrow Y$. Un système dynamique s'écrit :

$$y_{t+1} = \theta(y_t) := \theta_i(y_t) \text{ si } y_t \in Y_i \quad [2.1]$$

Il est possible de trouver une distribution de probabilité ou *mesure* qui décrit la vraisemblance que le système prenne telle ou telle valeur après un certain nombre d'itérations. Cette mesure de probabilité, appelons la μ , doit, pour décrire convenablement y_{t+1} sous θ , répondre au double critère d'invariance et d'ergodicité (Grandmont, 1983) :

L'**invariance** de μ est donnée par l'égalité : $\mu(\theta^{-1}(A)) = \mu(A)$ pour tout ensemble A sur lequel μ est défini.

L'**ergodicité** est donnée par la convergence vers toute fonction μ -intégrable g de l'expression :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n g(\theta^{j-1}(y)) = \int g d\mu \quad [2.2]$$

Autrement dit, les futures trajectoires y sont distribuées comme une suite de points tirés au hasard à partir d'une distribution de probabilité μ . Cela implique en particulier que pour des conditions initiales données, la distribution qui consiste à assigner la probabilité $1/n$ à chaque $\theta^k(y)$ pour $k = 0, 1, \dots, n-1$ sera correctement

approchée par μ : on a convergence à long terme de la distribution empirique vers une mesure de probabilité.

Deux problèmes se posent: les conditions de l'existence d'une mesure invariante de probabilité et la connaissance, le calcul, de μ . « Une interprétation sensée des anticipations rationnelles est dans le cas d'un individu travaillant sur long terme que celui-ci utilise la mesure invariante comme distribution anticipée de la variable. Il existe pourtant des exemples où la mesure invariante n'existe pas. » (Kelsey, 1988 : 24). Quand bien même existerait-elle, peut-il la calculer ? « Il peut être raisonnable de supposer qu'un individu avec des anticipations rationnelles utilise la probabilité μ . [Mais] étant donnée la complexité de la dynamique non linéaire, il n'est pas sérieux en réalité de croire que cet individu soit capable de calculer μ . Seuls quelques mathématiciens de très haut niveau ont dans des cas particuliers [comme dans le cas de la fonction logistique] été capables de calculer des mesures invariantes. » (Kelsey, 1988 : 24). Rien ne permet de garantir autrement dit qu'un système (marché) quelconque possédera une mesure de probabilité invariante, limite de sa distribution. L'hypothèse d'un univers probabiliste ne va pas de soi ; celle d'un univers probabiliste que l'on peut décrire par le calcul non plus.

Enfin, l'application des théorèmes centraux limite est également soumis à des conditions particulières que ne remplissent pas toutes les séries chaotiques. On verra dans le point suivant que le théorème central limite et la loi des grands nombres ont des implications politiques fondamentales, notamment en politique agricole. La condition d'application du théorème central limite est l'existence d'une mesure de probabilité invariante de propriété particulière, celle d'être absolument continue sur l'intervalle de mesure. Lorsque la mesure de probabilité est absolument continue, l'ergodicité (on dit alors ergodicité *forte*) assure à la distribution des *moyennes* d'une variable chaotique la convergence vers une distribution gaussienne. Cette application du théorème central limite a été vérifiée sur des cas particuliers par Hofbauer et Keller (1982), Ziemien (1985)¹⁶ et par Day (1994) sur des modèles chaotiques très simples. Le cas d'école qu'est la fonction logistique se prête également à une vérification de la convergence de la distribution des moyennes (calculées sur 12 observations) vers une loi normale (graphiques 2.5 et 2.6). En écrivant notre système dynamique :

¹⁶ Et dont on trouve une discussion chez Day et Shafer (1987).

$$y_{t+1} = \theta(y_t) := \theta_i(y_t) \quad \text{si } y_t \in Y_i$$

On définit une orbite comme une séquence $\tau(y) = \{y, \theta(y), \dots, \theta^n(y)\}$. En écrivant enfin les moyennes empiriques obtenues par la moyenne des valeurs d'une trajectoire, puis de la trajectoire suivante etc. on a l'égalité :

$$\bar{y}^p(N) = \frac{1}{N} \sum_{t=pN}^{(p+1)N-1} \theta^t(y), \quad p = 0, 1, 2, 3, \dots, P \quad [2.3]$$

En supposant maintenant que θ est fortement ergodique, le théorème central limite s'énonce (Day 1994, 161) :

Théorème central limite : Pour presque tout y , les moyennes dans le temps convergent en distribution vers une distribution normale $N(m_i, \sigma_i)$ de moyenne m_i et de variance σ_i^2 , ou, alternativement, les moyennes normalisées

$$\sqrt{N} \left(\frac{\bar{y}^p(N) - m_i}{\sigma_i} \right) \quad [2.4]$$

convergent en distribution vers la loi normale $N(0,1)$ quand $P \rightarrow \infty$ et $N \rightarrow \infty$.

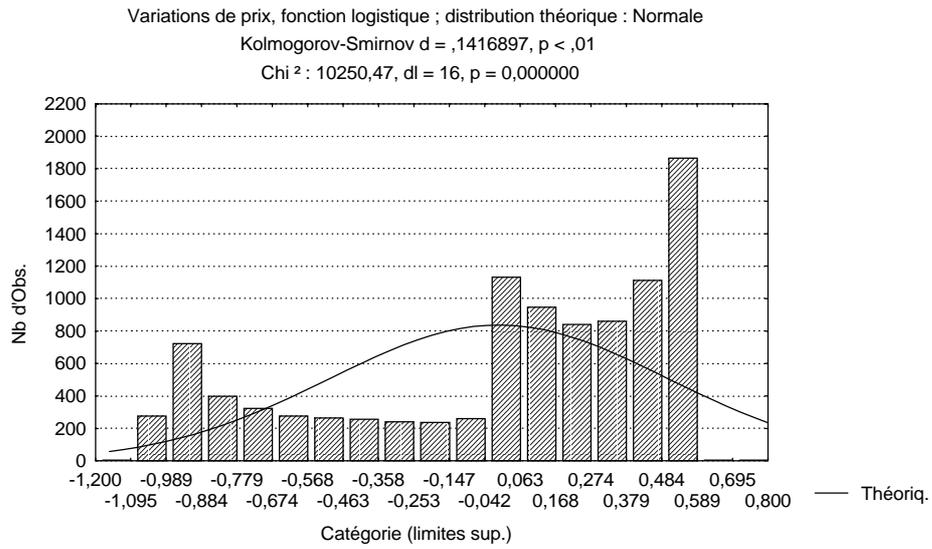
Du chaos dans des séries quotidiennes ou hebdomadaires se résorbera si les mesures s'effectuent sur des moyennes au niveau du mois ou de l'année. C'est la raison pour laquelle, pour peu que la convergence vers la loi normale soit rapide et inférieure à l'année, l'aversion pour le risque que suscitent des fluctuations absolument illisibles comme les fluctuations chaotiques (pas de période, pas de tendance) sur des intervalles courts devraient en toute rigueur s'amenuiser ou disparaître pour peu que soit prise en compte l'évolution des prix passés en moyenne. C'est le cas de prix chaotiques générés par la fonction logistique du type $f(x) = 4x(1-x)$. La distribution de leurs variations n'a rien de gaussien (graphique 2.7). En revanche la convergence est rapide : la moyenne sur 12 périodes de l'échantillon n'est pas distincte d'une loi normale (selon le critère de

Kolmogorov-Smirnov au moins) comme le montre le graphique 2.8.

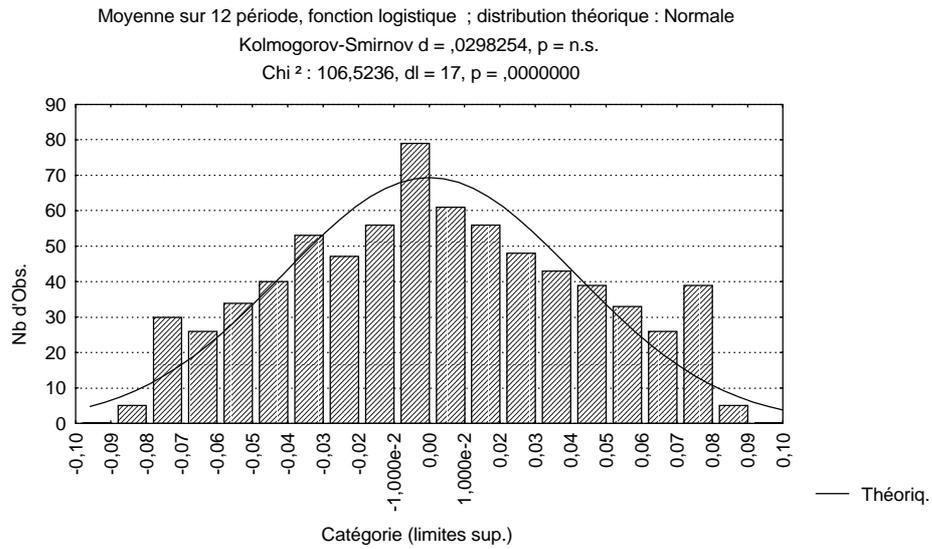
En revanche si la convergence est lente, l'argument ne tient plus : à qui où à quoi servirait-il en effet que les fluctuations décennales ou séculaires soient des fluctuations gaussiennes ? C'est le cas des cours mensuels de l'huile de palme (graphique 2.9) : les tests de convergence vers la loi normale s'épuisent, faute de données (graphiques 2.10 et 2.11, moyenne sur douze ans des variations moyennes annuelles).

Le problème de rapidité de convergence se double à nouveau de celui de l'existence d'une mesure invariante, qui plus est ici absolument continue. Lorsque Lux (1998) compare la distribution de ses rendements d'actifs simulés par un modèle de comportement des agents, rendements mesurés bruts puis en moyenne à diverses échelle de temps, il constate une réduction notable de l'excès de kurtosis par agrégation des moyennes : « le calcul des rendements boursiers sur de la larges intervalles de temps [à partir de notre modèle chaotique de marché spéculatif] s'accompagne de la disparition des fluctuations de type 'bulle' ». Mais il souligne aussitôt que « si la réduction du kurtosis par agrégation dans le temps est une conséquence immédiate du théorème central limite pour des variables *aléatoires* (à condition que le moment d'ordre 4 existe), il n'est en rien évident que des données déterministes générées par un attracteur chaotique doivent se comporter de manière identique » (Lux, 1998 : 160).

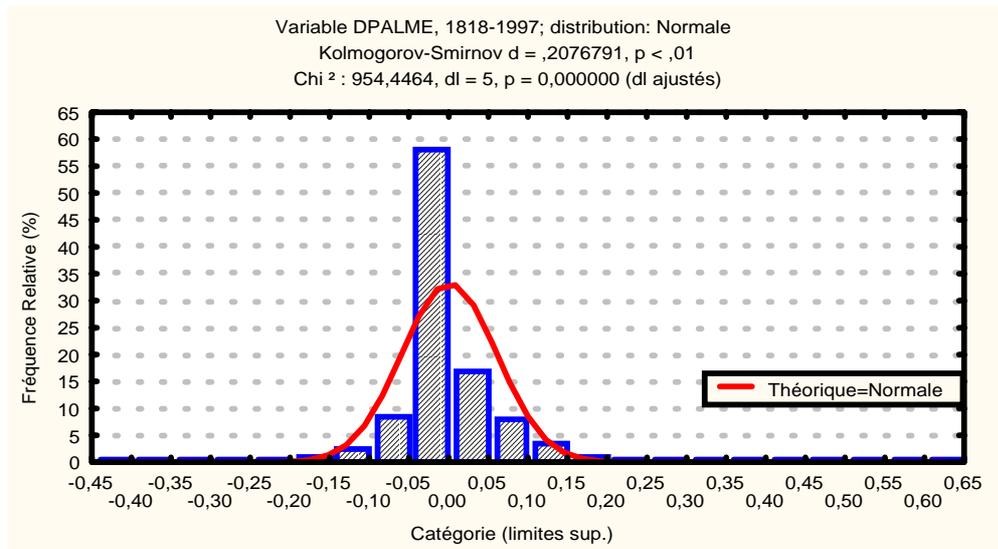
Graphique 2.7 : distribution des variations de prix générés par $f(x) = 4x(1-x)$



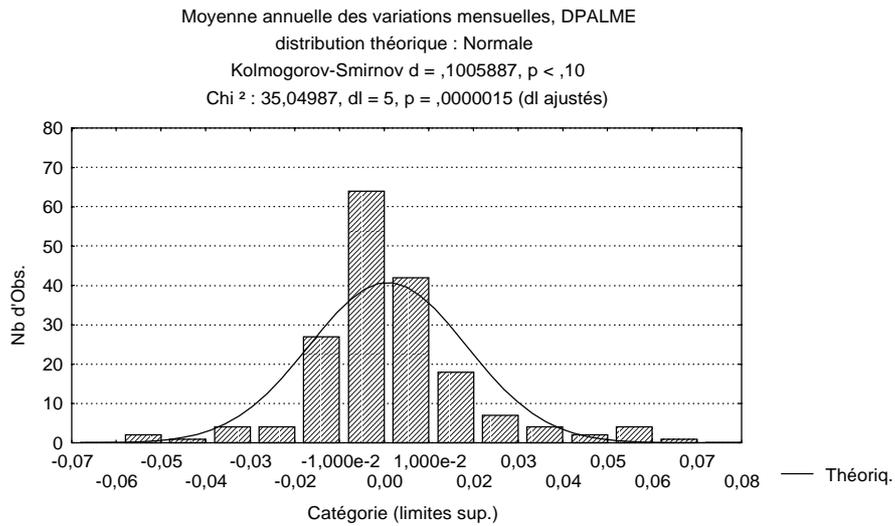
Graphique 2.8 : distribution des moyennes sur 12 périodes des variations de prix générés par la fonction $f(x) = 4x(1-x)$



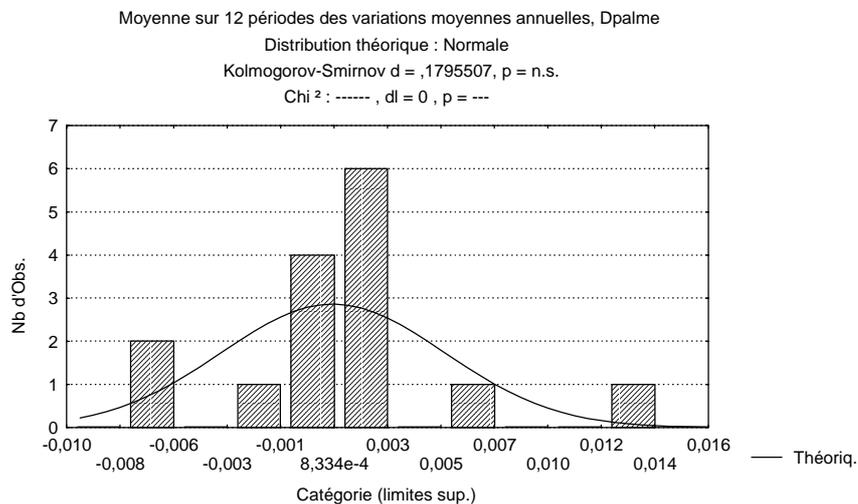
Graphique 2.9 : Distribution de Dpalme



Graphique 2.10 : Distribution des moyennes annuelles, Dpalme



Graphique 2.11 : Distribution des moyennes des moyennes annuelles, Dpalme



La distribution gaussienne de certaines variables chaotiques agrégées dans le temps offre, si l'on y réfléchit bien, aucun espoir de couverture sans risque ou disons « gaussienne » puisqu'à partir du moment où la dynamique chaotique procède du comportement des agents (dans le cas de Lux, un comportement spéculatif moutonnier), il n'y a aucune raison de penser que ce même comportement appliqué à des moyennes de prix antérieurs (dans l'hypothèse où des contrats le permettent) ne générera pas au bout de quelques itérations une chronique chaotique comme tel était le cas de la chronique réelle dans le passé : comme dans cette course entre Achille et la tortue, la convergence est impossible ; la loi normale hors d'atteinte. C'est peut-être là l'argument le plus solide qui puisse être porté à l'encontre de l'idée que libre échange étendu au monde stabiliserait *nécessairement* les prix (la stabilité étant défini en proximité à la loi normale) en vertu de la loi des grands nombres et d'une réduction de la dispersion des variations de prix par fusion des marchés¹⁷. Le théorème central limite s'applique à certaines chroniques chaotiques mais la normalité des agrégats n'est d'aucune utilité pour le marché : il ne peut mettre son invisible main dessus sans les contaminer de chaos.

4) *Incertitude et politiques*

Les chroniques chaotiques ont deux propriétés, la sensibilité aux conditions initiales ou instabilité locale, et la convergence des trajectoires vers un attracteur de dimension finie ou stabilité globale : on pourrait s'attendre, comme dans les débats de la décennie précédente sur l'existence de tendances « déterministes » ou « stochastiques », que toutes deux soient mises à contribution dans d'argumentation des partisans et des opposants des politiques de stabilisation ou plus généralement d'intervention publique dans l'économie marchande. Il s'avère que c'est exclusivement la sensibilité aux conditions initiales qui est utilisée. Les discussions sur la pertinence d'une action monétaire en économie chaotique, i.e. dans une économie marquée par une instabilité endogène et des équilibres multiples du fait de l'existence de non linéarités, donnent lieu par exemple à des mesures contradictoires ou équivoques qui illustrent bien la difficulté de prévoir l'effet d'une stabilisation à un niveau macro-économique dans un univers complexe. Alors que des pionniers comme Grandmont et Malgrange (1986)

¹⁷ Voir Bale et Lutz (1979) et une démonstration critique par Boussard (1998).

concluent « qu'il existe un rôle possible, dévolu à des politiques de stabilisation qui, à condition d'être bien comprises et admises, élimineraient les erreurs de prévision et les pertes correspondantes d'efficacité et garantiraient la disparition ultime des fluctuations endogènes », d'autres auteurs comme Dwyer (1992) et Woodford (1989) concluent à l'inverse, en reprenant l'argument développé par Friedman (1953), que toute tentative de stabilisation monétaire risque d'aggraver le désordre plutôt que de le résorber, en raison de la sensibilité du système (i.e. de l'économie) à l'erreur et de sa faculté à l'accroître exponentiellement : « il est impossible de savoir si une politique de stabilisation peut stabiliser une économie non linéaire, générer une dynamique non linéaire dans l'économie, voire les deux » (Dwyer, 1992 : 44)¹⁸. L'abstention selon ce dernier auteur est dans le doute requise.

Les politiques agricoles de stabilisation de prix ou de production trouveraient ou retrouveraient en revanche toute leur force en univers chaotique. Ainsi chez Boussard (1997, 1998) lorsqu'il s'interroge sur les sources de l'instabilité des prix agricoles. La rencontre d'une fonction de demande rigide et d'une fonction d'offre relativement élastique, offre émanant de producteurs qui maximisent l'espérance d'utilité de leur revenu, prennent une prime de risque et recherchent l'égalité du coût marginal avec l'équivalent certain du prix¹⁹, produit des chroniques chaotiques pour des valeurs d'élasticité tout à fait plausibles. L'accumulation du capital, endogénéisé dans la courbe d'offre, le transport et le stockage/destockage en univers incertain conduisent également, quoiqu'avec des plages de paramètres plus étroites, à des dynamiques chaotiques. « Il n'y a pas qu'une seule cause de l'instabilité des prix [...]. On n'en a pas moins l'impression que c'est la conjonction de la rigidité de la demande et de l'incertitude des opérateurs sur le point d'équilibre du marché qui reste le mécanisme principal, combinée à l'aversion pour le risque du producteur » (Boussard, 1998 : 21).

Mais la sensibilité aux conditions initiales n'est pas la caractéristique unique d'un système chaotique. On ne trouve, chose étrange, aucune discussion politique qui aborde le problème de la dimension de l'attracteur. En supposant, c'est une hypothèse, qu'une politique vise à stabiliser les mouvements d'une variable chaotique (taux

¹⁸ Tout dépend encore une fois de la sensibilité initiale, i.e. de la vitesse de divergence des trajectoires. Benhabib (1996 : 1) le rappelle, soulignant combien « la sensibilité aux conditions initiales est utilisée de manière cavalière pour expliquer les fluctuations de court terme, quand ses effets ne deviennent significatifs que sur longue période et jamais à court terme ».

¹⁹ Calculé à partir de la formule de Markovitz-Tobin.

d'inflation, taux de change, taux de croissance, prix), il devrait apparaître en préambule de toute discussion que la variable étudiée est déjà une variable stabilisée. Pourquoi stabiliser une variable chaotique : elle déjà « globalement stable » ? Qu'est-ce que « stabiliser une variable stable » veut dire ? Cela devrait vouloir dire deux choses : admettons que l'instabilité endogène provient de l'incertitude et du comportement face à l'incertitude, une réduction de l'instabilité devrait alors se traduire soit par le passage d'une dynamique complexe (non linéaire et aperiodique) à une dynamique simple (stationnaire ou périodique), soit au passage d'une dynamique complexe à une autre dynamique complexe dont un indicateur de l'instabilité (indicateur parfaitement subjectif comme une variable de dispersion) donnerait deux mesures significativement différentes. Mais ne pourrait-on pas trouver dans la dimension de l'attracteur un indicateur plus approprié ? La dimension de l'attracteur (arrondie à l'entier supérieur si elle est non entière ou « fractale ») donne le nombre de paramètres indépendants nécessaires à la génération de la variable observée. Dans le cas de l'attracteur de Lorenz, de mesure comprise entre deux et trois, trois variables indépendantes sont nécessaires à la génération de la chronique. C'est bien le cas du système d'équations construit par Lorenz. Existe-t-il un lien pour autant entre dimension de l'attracteur et volatilité ? Un système chaotique « gagnant » des degrés de libertés voit la dimension de son attracteur augmenter : la volatilité augmente-t-elle ? Se réduit-elle ? N'existe-t-il aucune identification possible, dans un système donné, entre la dispersion et la dimension ? La question ne rencontre aucune réponse dans la littérature. Il semblerait qu'aucun lien n'existe entre volatilité et dimension de l'attracteur. On a donc deux indicateurs bien embarrassants, une sensibilité aux conditions initiales qui induit des recommandations contraires et une dimension d'attracteur qui pour l'heure ne dit rien.

Conclusion

Les indicateurs du chaos sont muets sur les changements de la volatilité. Ils sont même d'une faible utilité économique. La sensibilité aux conditions initiales fait dire aussi bien « surtout ne touchez à rien » que « intervenez ». A vrai dire, il est tentant de conclure que la dynamique complexe à la différence de la dynamique simple ne peut faire l'économie de la connaissance empirique des causes des phénomènes oscillatoires auto-entretenus que l'on observe. Il devrait en revanche être possible selon nous d'utiliser la dynamique des changements de régime, qui est en quelque sorte une dynamique d'une dynamique chaotique (on a dans l'introduction choisi l'exemple de la fonction logistique $ax(1-x)$ dont n plages différentes de valeurs du paramètre a définissent une fonction de changements de régime – elle traverse tantôt des plages chaotiques, tantôt périodiques, converge ailleurs) dans l'étude des changements de la volatilité. Pourquoi les changements de régime plutôt que le chaos ? D'abord parce que l'idée d'une structure économique invariante est discutable (surtout sur deux siècles), ensuite parce que les résultats des tests de chaos ne nous laisseront pas le choix : une dynamique complexe qui n'est pas chaotique est nécessairement une dynamique de changements de régime. Enfin parce qu'en identifiant les paramètres responsables des changements de régime, il devrait être possible de vérifier empiriquement les variations de la volatilité éventuellement produites par les variations de ces paramètres.

CHAPITRE 3

PROPRIETES DYNAMIQUES : LES OUTILS

On cherche à définir les propriétés de la dynamique complexe des cours de l'huile de palme afin de déboucher sur une première chronologie : celle des changements de régime. On teste la présence de changements de régime par l'exclusion, sur toute la longueur de l'échantillon, de l'hypothèse de chaos. Un système chaotique, ou « système déterministe non linéaire, sensible aux conditions initiales, dont la prévision sur longue période est impossible », connaît une corrélation de tous ses moments, a ses trajectoires convergeant vers un attracteur de dimension immuable et une fonction de corrélation décroissant vers 0 lorsque l'horizon est infini (Guégan, 1994 : 194-195). On va donc tenter de montrer qu'une des propriétés des dynamiques chaotiques n'est pas remplie : la dimension finie de l'attracteur, le signe positif du plus grand exposant de Lyapunov et la corrélation de long terme²⁰. La disparition des corrélations de long terme durant des périodes historiques particulières nous signalera les « sorties » des zones chaotiques du système et les changements de régime intervenus au cours du temps.

I Les mesures

Le chaos déterministe est défini dans l'espace des phases par deux propriétés essentielles : la divergence locale et la convergence globale. La variable observée doit traduire ou démentir ces propriétés. Comment procède-t-on ? On suppose dans un premier temps que la série étudiée est l'unique coordonnée observable d'un système

²⁰ La corrélation de long terme ne se mesurant pas dans l'espace des phases, elle n'a pas été abordée dans le chapitre précédent.

dynamique de dimension inconnue.

En notant comme précédemment :

$$y_{t+1} = \theta(y_t) := \theta_i(y_t) \quad \text{si } y_t \in Y_i$$

et la séquence $\tau(y) = \{y, \theta(y), \dots, \theta^n(y)\}$ une orbite, comment tracer $\tau(y)$ lorsque θ est inconnu ?

1) Dimension de l'attracteur

Grassberger et Procaccia (1983) ont proposé la solution suivante, en adoptant la méthode des retards de Takens (1980). Le signal de la coordonnée X est observé à des intervalles de temps Δt , soit $X = (x_0, x_1, \dots, x_T)$. De nouvelles variables sont construites à partir de X , de longueur n faible (en général 3, 4 ou 5) : $X_0 = (x_0, x_1, \dots, x_{m-1})$, $X_1 = (x_1, x_2, \dots, x_m)$, $X_2 = (x_2, x_3, \dots, x_{m+1})$ etc. La trajectoire dans l'espace des phases prend les coordonnées X_1, \dots, X_m . L'attracteur est reconstruit dans l'espace de dimension m appelée dimension de « plongement » (*embedding dimension*) grâce aux recouvrements successifs des points X_i , tels qu'ils viennent d'être définis, par des sphères (ou hypersphères) de rayon ε de plus en plus faible. Le nombre de points dans chaque sphère (ou hypersphère) est donné par « l'intégrale de corrélation » définie par Grassberger et Procaccia de la manière suivante :

$$C_{m,T}(\varepsilon) = \sum_{t < s} I_\varepsilon(X_t^m, X_s^m) * [2 / T_m(T_m - 1)] \quad [3.1]$$

où $T_m = T - (m - 1)$, $X_t^m = (x_t, \dots, x_{t+m-1})$ et $I_\varepsilon(X_t^m, X_s^m)$ est une fonction indicatrice :

$$I_\varepsilon(X_t^m, X_s^m) = 1 \quad \text{si } \|X_t^m - X_s^m\| < \varepsilon \quad \text{et } 0 \quad \text{sinon.}$$

Brock et al. (1991) montrent que lorsque $T \rightarrow \infty$,

$C_{m,T}(\epsilon) \rightarrow C_T(\epsilon) \equiv \text{Prob} \{ \| X_t^m - X_s^m \| < \epsilon \}$ pour presque toutes les conditions initiales.

La dimension de l'attracteur peut alors être mesurée. On procède en pratique à la mesure de la *dilatation* de l'attracteur au fur et à mesure que l'espace des phases m grandit : si l'attracteur se dilate et occupe tout l'espace, on tranchera en faveur du hasard ; s'il reste confiné dans un espace de dimension réduite au fur et à mesure que l'espace de reconstruction grandit, on conclura en faveur de l'existence d'un attracteur en raison de la convergence globale des trajectoires. On écrit à la suite de Eckmann et Ruelle (1985) en ordonnée $\log(C_{m,T}(\epsilon))$, en abscisse $\log(\epsilon)$; l'existence d'une asymptote horizontale, c'est-à-dire d'une valeur constante de $\log(C_{m,T}(\epsilon))$ indépendamment de m traduit l'existence d'un attracteur. La définition de la dimension de l'attracteur, ou « dimension de corrélation », dans un espace de recouvrement de dimension m est donnée par :

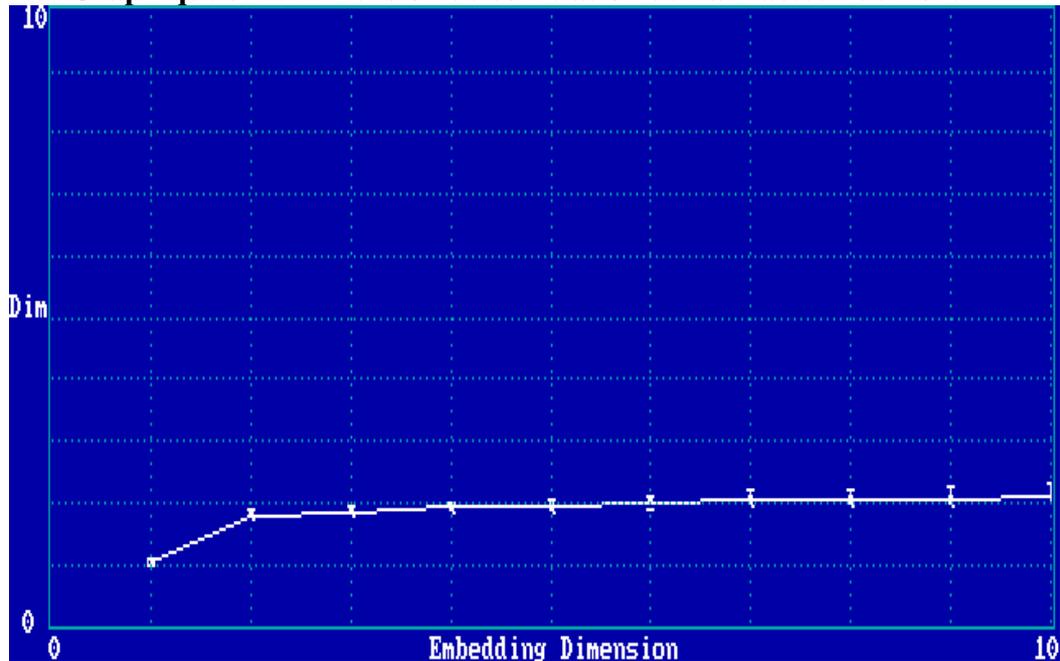
$$d_m = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \lim_{T \rightarrow \infty} \log [C_{m,T}(\epsilon)] / \log(\epsilon) \quad [3.2]$$

Tandis que la dimension de corrélation vaut :

$$d = \lim_{m \rightarrow \infty} d_m \quad [3.3]$$

Une telle mesure vaut 2.05 dans le modèle de Lorenz et plus généralement est qualifiée de fractale toutes les fois qu'elle prend une valeur non entière. La reconstruction de l'attracteur et l'estimation de sa dimension permettent d'éprouver la convergence globale d'un système.

Graphique 3.1 : Dimension de corrélation de l'attracteur de Lorenz



2) La sensibilité aux conditions initiales

La divergence locale, l'autre propriété fondamentale du chaos, est décelée à travers l'estimation du plus grand exposant de Lyapunov. Les exposants de Lyapunov indiquent le taux moyen de séparation des orbites correspondant à des points initiaux proches les uns des autres. L'algorithme d'estimation de ces exposants sur une série réelle univariée est dû à Wolf *et al.* (1985). On n'en rapporte ici que le principe. Deux points : X_i l'origine d'une orbite, et X_j un point proche de X_i par lequel l'orbite passe à un instant donné, sont choisis dans l'espace des phases. On compare la suite de l'orbite, après son passage en X_j , à son début.

On calcule pour cela par une méthode des moindres carrés la matrice M_i décrivant la transformation des vecteurs $X_i - X_j$ en vecteurs $X_{i+1} - X_{j+1}$. Les exposants de Lyapunov λ_i sont les valeurs propres du terme :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (M_{i+n}^* \dots M_i^* M_i M_{i+1} \dots M_{i+n})^{1/n} \quad [3.4]$$

où M^* désigne la matrice adjointe de M (Eckmann et *al.*, 1985).

La présence de $\lambda_i > 0$ est la signature du chaos déterministe.

En théorie, trois cas de figure sont possibles :

1 Le plus grand exposant de Lyapunov est positif et la dimension de l'attracteur est fractale : la dynamique du système est chaotique, par conséquent nécessairement non linéaire et déterministe.

2 A l'inverse, l'insensibilité aux conditions initiales (plus grand exposant de Lyapunov négatif ou nul : pas de divergence locale) et la convergence vers les figures connues de la dynamique linéaire que sont le point, le cycle limite et le tore seront la preuve qu'un système déterministe linéaire dirige la série.

3 Enfin un plus grand exposant de Lyapunov positif et la divergence globale (dimension infinie de l'attracteur) sont la manifestation d'un bruit prépondérant et d'un système aléatoire.

Un quatrième cas de figure existe en réalité. Les algorithmes récents ne permettent pas de mesurer convenablement la dimension d'un attracteur de dimension élevée (supérieure en pratique à 5 ou 6) à partir d'un échantillon réduit de données (moins de 4000 comme ici). Il est impossible alors, avec les deux mesures que sont la dimension de corrélation et l'exposant de Lyapunov, de trancher en faveur du chaos déterministe (cas 1) plutôt que d'un signal stochastique (cas 3). C'est cruellement ce cas de figure qui surgit le plus souvent dans les études de systèmes ouverts, comme les marchés économiques, contaminés par du bruit.

II Les tests

La difficulté de distinguer empiriquement le hasard du chaos est progressivement surmontée par la construction de tests statistiques. Ces tests sont susceptibles d'extirper d'un signal perturbé par du bruit ou décrit comme un bruit blanc, un ordre sous-jacent. Le plus célèbre est le test BDS, écrit par Brock (1986), Brock et *al.* (1987, 1988, 1991) à partir de l'algorithme de Grassberger et Procaccia.

1) Le test BDS

Le test BDS est un test d'indépendance. L'hypothèse nulle du test est celle d'un bruit blanc. La statistique W de ce test converge asymptotiquement vers une loi normale centrée réduite $N(0,1)$:

$$W_{m,T}(\varepsilon) = T^{1/2} \left[C_{m,T}(\varepsilon) - C_{1,T}(\varepsilon)^m \right] / \sigma_{m,T}(\varepsilon) \quad [3.5]$$

Où $\sigma_{m,T}(\varepsilon)$ est l'écart type de la distribution asymptotique de $[C_{m,T}(\varepsilon) - C(\varepsilon)^m]$ suivant une loi normale $N(0, \sigma_{m,T}^2(\varepsilon))$ (se reporter à Brock (1991) pour la démonstration).

Ce test permet de nuancer, voire d'invalider, les résultats des tests classiques de bruit blanc qui ne s'intéressent qu'aux corrélations de premier ordre. Précisément, il permet d'apprécier la qualité d'une modélisation non linéaire de type ARCH ou GARCH en testant la blancheur des résidus après correction de leur hétéroscédasticité. La conjonction 1) d'une convergence asymptotique de la dimension de corrélation de Grassberger et Procaccia, 2) d'un exposant de Lyapunov strictement positif et 3) d'un rejet du test BDS sur toutes les séries filtrées sont des conditions nécessaires à l'affirmation de la présence d'une dynamique chaotique. On leur adjoint une quatrième condition, celle de la présence d'une mémoire longue dans le processus²¹. Déterministe, non linéaire, sensible aux conditions initiales, un système chaotique conserve la mémoire des perturbations passées, lointaines, dont il amplifie les effets dans le présent. La mémoire longue « transporte » toute variation d'un point quelconque à un autre du temps.

²¹ La mémoire longue renvoyant à la dépendance de long terme que l'on trouve dans toutes les dynamiques chaotiques qui connaissent par définition une corrélation de tous les ordres.

2) Les tests de mémoire longue

On s'intéresse aux processus dont la fonction de corrélation est telle que :

$$\rho(k) \sim ck^{2d-1} \quad \text{quand } k \rightarrow \infty, c > 0, d < 1/2$$

où \sim représente l'équivalence asymptotique (Guégan, 1994 : 228). Ces processus s'appellent processus à mémoire longue : des corrélations, même faibles, existent sur de longs intervalles ; estimateurs et tests statistiques ont une vitesse de convergence plus lente que dans le cas indépendant ou dans le cas de processus à mémoire courte dont la fonction d'autocorrélation est géométriquement bornée :

$$|\rho(k)| \leq cr^{-k} \quad \text{pour } k = 1, 2, \dots, c > 0, 0 < r < 1.$$

Un processus à mémoire longue a sa fonction de corrélation qui décroît vers 0 plus « lentement » qu'un processus à mémoire courte. Leur étude a permis aux économètres de disposer de processus prenant en compte les basses fréquences, symptomatiques des processus chaotiques.

Initialement proposée par Hurst à propos des crues du Nil, la première statistique connue ou statistique R/S pour *rescaled range* ou « étendue normalisée »²² a été utilisée par Mandelbrot (1969) afin de mettre en évidence la dépendance de long terme dans des séries temporelles, dépendance de long terme que l'observation suggérait fortement. Tandis que dans une marche au hasard, le prix a une chance sur deux de monter ou de descendre, la présence dans certains cours de longs cycles de hausse suivis brutalement de longs cycles de baisses d'une longueur toujours différente plaidait en faveur de processus dits « persistants » : la probabilité de hausse ou de baisse dépend de la direction passée des cours : à la hausse (respectivement à la baisse), ils auront une probabilité supérieure à $1/2$ de monter (respectivement de descendre). Les corrélations de long terme sont positives. Le prix « persiste » dans la direction qu'il vient de suivre. On parle encore de « syndrome de Joseph » en référence au rêve du Pharaon qu'interpréta

²² Zajdenweber (1976).

Joseph : sept années de bonnes récoltes succéderaient à sept années de sécheresse : il y a dépendance de long terme (au moins sept ans dans la Bible...). Lorsque les corrélations sont nulles, le prix suit une marche au hasard. Lorsqu'elles sont strictement négatives, les cours présentent des cycles courts apériodiques : à la hausse (respectivement à la baisse), ils auront une probabilité supérieure à $\frac{1}{2}$ de baisser (respectivement de monter). On parle alors d'anti-persistence ou de retour à la moyenne. Ce dernier phénomène, décrivant les systèmes turbulents en physique, a été quelque peu ignoré. On s'est surtout intéressé en économie aux phénomènes de mémoire longue de type persistant, plus à même de correspondre à l'idée que l'on se fait du comportement des marchés entre deux krachs : une bulle enflé, plus elle a enflé, plus elle enflé, lorsque soudain le marché suit une direction opposée : la chute après le krach. La mémoire longue est la manifestation statistique des bulles et des comportements mimétiques abordés dans l'introduction en explication de la volatilité. Outil « bavard », riche d'informations économiques, elle renseigne surtout sur l'évolution du temps de réaction du marché : « Si on suppose que la source des corrélations sérielles est le délai d'ajustement du marché aux nouvelles informations, l'absence de dépendance de long terme [...] ne devrait pas surprendre sur un marché financier, étant donné la fréquence à laquelle se produit le *clearing* de ce type de marché » (Lo, 1991 : 1308). On voit tout l'intérêt que l'on peut tirer de pareil outil : mémoire longue et faible vitesse d'ajustement vont de pair (id.).

Mandelbrot (1971) a été l'un des premiers à examiner les phénomènes de dépendance de long terme dans des séries d'actifs. Une contribution importante depuis a été la preuve avancée par Greene et Fielitz (1977) de la présence de mémoire longue dans des séries quotidiennes enregistrées au New York Stock Exchange. Plus récemment, les résultats de Fama et French (1988), Lo et MacKinlay (1988) et Poterba et Summers (1988) « peuvent être symptomatiques d'une dépendance de long terme » rappelle Lo (1991) qui rejette néanmoins l'hypothèse de mémoire longue dans les rendements boursiers en faveur de celle plus conventionnelle de mémoire courte, justifiant les mises en garde de Kandel et Stambaugh (1990) sur la confusion statistique entre les deux mémoires. L'amélioration par Lo (1991) de la statistique R/S classique a notablement contribué à sa dissipation : nous présentons ces deux statistiques.

a) La statistique R/S

Peters (1994) en rapporte l'histoire. Hurst, hydrologue, a travaillé au début du siècle sur le projet de barrage sur le Nil. Pour la mesure de capacité de réservoir du barrage, basée sur l'estimation des entrées/sorties d'eau, l'hypothèse courante était de supposer qu'en amont l'arrivée d'eau (pluies, crues etc.) suivait un processus aléatoire. L'étude sur 847 années des crues du Nil (de l'an 622 à l'an 1469 de notre ère) montrait à Hurst qu'il n'en était rien. Des crues supérieures à la moyenne étaient suivies durablement de crues supérieures à la moyenne lorsque brutalement, la dynamique s'inversait, et de faibles crues succédaient à de faibles crues sur un long intervalle. Des cycles s'enchaînaient, de longueur irrégulière, suggérant des corrélations entre les mesures, en contradiction avec l'hypothèse d'indépendance des processus aléatoires. L'analyse statistique standard infirmant de plus l'existence de la moindre corrélation dans ses mesures, Hurst développa sa propre méthode.

Soit X_1, X_2, \dots, X_n une série d'observations de moyenne :

$$\bar{X}_n = (1/n) \sum_j X_j \quad [3.6]$$

Dont l'écart type est donné par :

$$S_n = \left[1/n \left(\sum_j (X_j - \bar{X}_n)^2 \right) \right]^{1/2} \quad [3.7]$$

L'étendue normalisée est calculée. On normalise d'abord les données par soustraction de la moyenne de l'échantillon :

$$Z_r = (X_r - \bar{X}_n) \quad r = 1..n \quad [3.8]$$

On crée ensuite une série des observations Z cumulées :

$$Y_1 = (Z_1 + Z_r) \quad r = 2..n \quad [3.9]$$

La dernière valeur de Y, (Y_n), sera toujours nulle par construction puisque Z est de moyenne nulle. L'étendue « ajustée » R_n est définie comme la différence entre la valeur maximum et la valeur minimum de Y_r :

$$R_n = \max (Y_1, \dots, Y_n) - \min (Y_1, \dots, Y_n)$$

soit :

$$R_n = \underset{1 \leq k \leq n}{\text{Max}} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) - \underset{1 \leq k \leq n}{\text{Min}} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) \quad [3.10]$$

R_n est la distance que parcourt le système pendant une durée n. La statistique R/S classique notée \tilde{Q}_n est définie comme l'étendue des sommes partielles des écarts à la moyenne R_n , normalisée en écart type :

$$\tilde{Q}_n \equiv R_n / S_n \quad [3.11]$$

La statistique R/S ne repose sur aucune hypothèse particulière relative à la distribution des prix. Elle converge pour un processus à variance infinie. On peut la comprendre en la remplaçant dans son contexte d'origine. X_j est le débit en amont par unité de temps, \bar{X}_n est le débit en aval (le barrage doit fournir un débit à peu près constant), l'expression [3.10] est la capacité du réservoir nécessaire à l'obtention d'un débit régulier, les débits en amont étant donné entre les unités de temps 1 et n. Lo (1991) nous donne l'exemple de crues annuelles valant 100, 50, 100 et 50 les années 1 à 4. Si un débit de 75 est souhaité chaque année en aval, un réservoir de capacité minimale totale de 25 est requis puisque le barrage doit stocker 25 unités les années 1 et 3 pour faire face aux sécheresses relatives des années 2 et 4. Si l'on suppose maintenant que les crues sont de 100, 100, 50 et 50, ce qui fournit une caricature, sur faible échantillon, de la persistance des crues, alors la capacité requise est double : 50 unités doivent en effet être stockées afin de faire face aux sécheresses consécutives des années

3 et 4. On voit les dégâts qu'auraient entraîné dans ce cas la conservation de l'hypothèse de crues sans mémoire, indépendantes : le réservoir eût été deux fois trop petit.

Hurst a montré que le comportement de $(R/S)_n$ lorsque la durée d'observation n variait est donné par la relation suivante (où H s'écrivait initialement « K » avant que Mandelbrot ne modifie la notation en hommage à son inventeur)²³ :

$$R/S \sim a \cdot n^H \quad [3.12]$$

En présence d'une marche aléatoire, H est égal à 0,5 : l'étendue des déviations cumulées est fonction de la racine carrée du nombre d'observations²⁴. On retrouve l'hypothèse que l'on développera lors de l'analyse du ratio des variances de Cochrane où l'on supposera que dans le cas d'une marche au hasard, les écarts types des différences kèmes varient comme la racine de k ²⁵.

L'estimation la plus rapide de H est la régression linéaire. Le logarithme de l'équation précédente donne :

$$\text{Log}(R/S) = H \cdot \text{log}(n) + \text{constante} \quad [3.13]$$

La procédure de calcul est simple : on calcul R/S , que l'on passe en logarithmes et que l'on régresse enfin sur le logarithme du nombre d'observations. La pente de la droite de régression nous donne directement la valeur de l'exposant de Hurst. Hurst découvrit que celle du Nil valait 0,91, bien loin des 0,5 attendus en cas d'indépendance des observations. Elle tourne autour de 0,37 dans le cas de la fonction logistique chaotique $f(x) = 4x(1-x)$.

Calcul trop simple peut-être. La sensibilité de la statistique R/S à la dépendance de court terme a conduit Lo (1991) à proposer une statistique R/S modifiée, invariante pour les processus à mémoire courte de type ARMA ainsi que pour les processus présentant de l'hétéroscédasticité conditionnelle - ce qui est notre cas.

²³ Cf. Feller (1966).

²⁴ C'est le résultat d'Einstein (1908) donnant la distance R parcourue pendant une durée T par une particule en suspend dans un fluide (mouvement brownien) : $R = T^{1/2}$.

²⁵ Conformément à la nouvelle fois à la définition du mouvement brownien $X(t) / \text{Var}[X(t_2) - X(t_1)]$ est proportionnelle à $|t_2 - t_1|^{2H}$ avec $H = 1/2$.



b) La statistique de Lo

La modification consiste à inclure au dénominateur de la statistique des termes d'autocovariance et à substituer à S_n l'expression :

$$\hat{\sigma}^2_n(q) = 1/n \sum_j^n (X_j - x_n)^2 + 2/n \sum_{j=1}^n \omega_j(q) \left\{ \sum_{i=j+1}^n (X_i - x_n)(X_{i-j} - x_n) \right\} \quad [3.14]$$

soit :

$$\hat{\sigma}^2_n(q) = \hat{\sigma}^2_x + 2 \sum_j^q \omega_j(q) \hat{\gamma}_j \quad [3.15]$$

et $\hat{\sigma}^2_x$ et $\hat{\gamma}_j$ les estimateurs de la variance et de l'autocovariance de X,

$\omega_j(q) = 1 - \left| \frac{j}{k} \right|$ pour $q < n$, les pondérations de Andrew (1991).

Les fractiles de la distribution de V, $F_V(v)$, sont tirés de Lo (1991) :

Tableau 3.1 : Fractiles de la distribution $F_V(v)$

P(V<v)	.005	.025	.050	.100	.200	.300	.400	.500
v	0.721	0.809	0.861	0.927	1.018	1.090	1.157	1.223
P(V<v)	.543	.600	.700	.800	.900	.950	.975	.995
v	$\sqrt{\frac{\pi}{2}}$	1.294	1.374	1.473	1.620	1.747	1.862	2.098

La statistique modifiée de Lo autorise la distinction entre dépendance de court terme et dépendance de long terme :

- H est inférieur à 0.5 en cas de dépendance de long terme négative : la série est dite anti-persistante, marquée par des cycles courts, irréguliers, ramenant les variations vers leur(s) moyenne(s).

- H tend vers 0.5 dans le cas d'un processus aléatoire sans mémoire ou à mémoire courte.

- H est supérieur à 0.5 en cas de dépendance de long terme positive : les cycles sont longs et irréguliers, la série s'écarte de sa moyenne avec persistance.

Les cas 1 et 3 sont ceux de la dynamique complexe. On a dit qu'à la suite de Lo (1991) la mémoire longue signalait le retard d'ajustement du marché aux nouvelles informations. Mesurer l'évolution de ce retard est-il possible ? Les disparitions des corrélations de long terme, si elles sont vérifiées, donnent des informations sur les changements de vitesse d'ajustement du marché et les sauts du système d'un régime chaotique particulier vers un nouveau régime – puisqu'un système chaotique conserve des autocorrélations non nulles sur toute la longueur de l'échantillon. On essaye tout naturellement de dater les éventuelles pertes de mémoire en utilisant les tests de mémoire longue.

La méthode de calcul de la statistique de Lo, tout comme celle de la statistique classique R/S, nous donne la solution. Elle repose sur la division successive de la série en blocs contigus de longueur égale N , N variant de 3 à T qui est la longueur totale de la série. Sur les blocs ainsi construits l'étendue normalisée est calculée. Par exemple dans le cas de Dpalme filtrée (application d'un filtre auto-régressif jusqu'au 18ème retard) de longueur 2140, l'étendue normalisée est calculée sur 3 blocs de 713 observations, puis 4 blocs de 535 observations, 5 blocs de 428 observations, ... 1070 blocs de 2 observations. Puis sur 1071, 1072, ..., 2140 blocs réduits à une seule observation. On régresse ensuite la série des étendues normalisées, en logarithme, sur le logarithme du nombre d'observations et on obtient l'exposant de Hurst de [3.13]. Les statistiques de mémoire longue sur 3, 4... $T/2$ blocs d'observations rendent impossible la datation : en effet, au moins deux blocs contigus servent au calcul : la chronologie disparaît. En

revanche les valeurs de la statistique reposant sur une seule observation (de l'observation $T/2 + 1$ jusqu'à l'observation T) donnent l'évolution *chronologique* de la statistique. Du temps $T/2+1$ au temps T , on peut dater les résultats du test de mémoire longue et déceler les amnésies du système. Dans le cas de notre série, la $T/2 + 1$ ème observation correspond aux variations de prix entre septembre et octobre 1908. On suivra avec soin, d'octobre 1908 à décembre 1997, les valeurs de la statistique de Lo que l'on comparera aux fractiles de la distribution (tableau 3.1). Une première chronologie des changements de régime des prix, directement motivés par une modification de la vitesse d'ajustement du marché, pourra ainsi être présentée.

CHAPITRE 4

PROPRIETES DYNAMIQUES : MESURES ET TESTS

Successivement, la dimension de l'attracteur, le plus grand exposant de Lyapunov, la statistique BDS et les tests de mémoire longue.

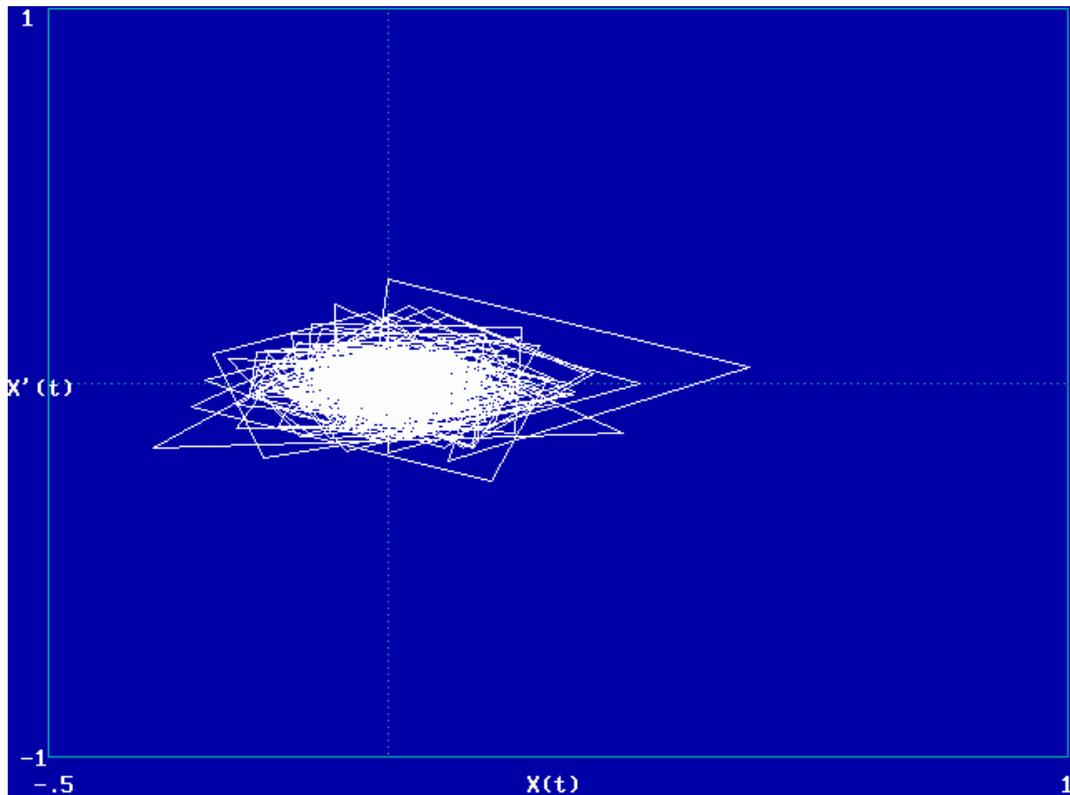
I) Mesures

On trace nos trajectoires dans l'espace des phases (graphique 4.1). Puis nous procédons à la mesure de la dimension de l'attracteur.

1) Dimension de corrélation

L'estimation de la mesure de l'attracteur selon l'algorithme de Grassberger et Procaccia (dimension de corrélation) est effectuée sur D_{palme} dont on rappelle qu'elle est la série logarithmique différenciée des prix mensuels de l'huile de palme en livre sterling courante à Liverpool (1818-1960) et à Rotterdam (1960-1997), soit 2158 données.

Graphique 4.1 : Espace des phases, série DPALME 1818-1997

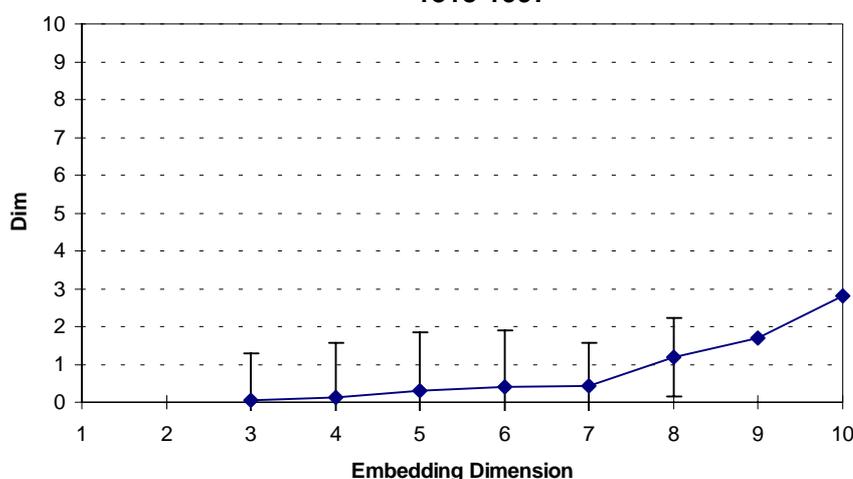


La dimension de l'espace de plongement m (*embedding dimension*) varie de 1 à 10. Une condition de fiabilité de la mesure n de l'attracteur dans ces espaces successifs est que m soit supérieur ou égal à $2n + 1$. Les attracteurs de dimension supérieure à 5 ne sont donc pas retenus ici, ce principe de précaution n'exprimant rien de plus que la difficulté de dissocier statistiquement hasard et chaos dans des systèmes à nombre élevé de degrés de liberté.

Résultats : On constate la présence d'un attracteur de dimension faible ou nulle, mesuré dans un espace de dimension de 1 à 7, qui ensuite se dilate parallèlement à l'axe $y = x$ ainsi que le ferait un bruit blanc (graphique 4.2). Ce résultat étrange pourrait traduire l'existence d'un système dissipatif convergeant vers un point fixe (dimension nulle) mais contrarié par des perturbations qui l'empêchent de converger. L'algorithme est incapable de fournir une approximation globale de la dimension de l'attracteur.

Graphique 4.2

Dimension de l'attracteur, série logarithmique différenciée
1818-1997



2) Exposant de Lyapunov

On choisit un espace de plongement de dimension $m = 10$. Le rayon ε de l'hypersphère est fixé à 10^{-4} , la longueur des trajectoires à trois points. La valeur λ^* du plus grand exposant de Lyapunov est mesurée en bit / unité de temps. L'écart entre deux trajectoires proches augmente de λ^* entre deux unités de temps (respectivement diminue si λ^* est négatif). La valeur maximale est l'unité (doublement de l'écart). Rappelons qu'en théorie une valeur positive signale le chaos.

Résultats : $\lambda^* = 0.046 > 0$: la dynamique des prix est chaotique. Potentiellement. L'absence de test statistique sur λ^* ne permet pas pour l'instant de rejeter l'hypothèse selon laquelle la divergence observée serait uniquement l'effet d'un bruit prépondérant dans le signal (lequel possède également un exposant de Lyapunov positif). Cette hypothèse eût été rejetée en cas de stabilité globale, que nous n'observons pas. On recourt au test BDS pour confirmer la présence d'une structure déterministe chaotique dans les trajectoires de Dpalme.

II) Test BDS de bruit blanc

DPalme est débarrassée de ses composantes identifiables par les outils traditionnels des séries temporelles : extraction d'une tendance linéaire (modèles ARMA) puis extraction de la non linéarité que produit la corrélation des variances (modèles non linéaires GARCH). La série filtrée sous ARMA et la série filtrée sous ARMA-GARCH, sont passées au crible du test BDS. Rappelons l'hypothèse nulle de ce test : la série est un bruit blanc. Les résidus du modèle ARMA-GARCH seront l'objet d'une attention particulière. Le rejet de l'hypothèse BDS de bruit blanc conduira à affirmer que les non linéarités saisies par GARCH ne suffisent pas à blanchir le bruit : du chaos le colore.

1) Ecriture du modèle

Les tests de racines unitaires sont dans un premier temps menés sur la série Palme. L'hypothèse d'une racine unitaire ne peut être rejetée. La série est non stationnaire et peut être stationnarisée par passage au différences premières.

Tableau 4.1 : Test ADF de racine unitaire sur Palme, 1818-1997

```

*****
• TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN PALME
• Minimum AIC at lag: 18
*****
* Augmented Dickey-Fuller t-test with 18 lags:          -0.6434 *
*      1%      5%      10%                               *
*      -3.43   -2.86   -2.57                             *
*
* Augmented Dickey-Fuller Z-test with 18 lags:         -2.0391 *
*      1%      5%      10%                               *
*      -20.7   -14.1   -11.3                             *
*
* Coefficient and T-Statistic on the Constant:         *
*      0.00497   0.7872                                 *
*
* Joint test of a unit root and no constant:           0.5102 *
*      1%      5%      10%                               *
*      6.43    4.59    3.78                             *
*****

```

Les prix semblent se comporter comme une marche au hasard, avec une

persistance infinie des « chocs ». L'estimation, au temps t , de la persistance d'un choc survenu en $t-k$ grâce à l'algorithme d'analyse des rapports de variance de Cochrane (1988) confirme le résultat des tests de racine unitaire. Cochrane dans son article s'intéresse à la variance des différences kèmes du PNB par tête. Dans le cas d'une marche aléatoire, le PNB au temps t , y_t s'écrit :

$$y_t = m + y_{t-1} + e_t \quad [4.1]$$

où e_t est un bruit blanc et m une constante qui peut être nulle ; le coefficient précédant le terme avec retard, y_{t-1} , est égal à l'unité : la « racine » est unitaire. On sait que la variance des différences kèmes croît avec k :

$$\text{var}(y_t - y_{t-k}) = k \sigma_e^2 \quad [4.2]$$

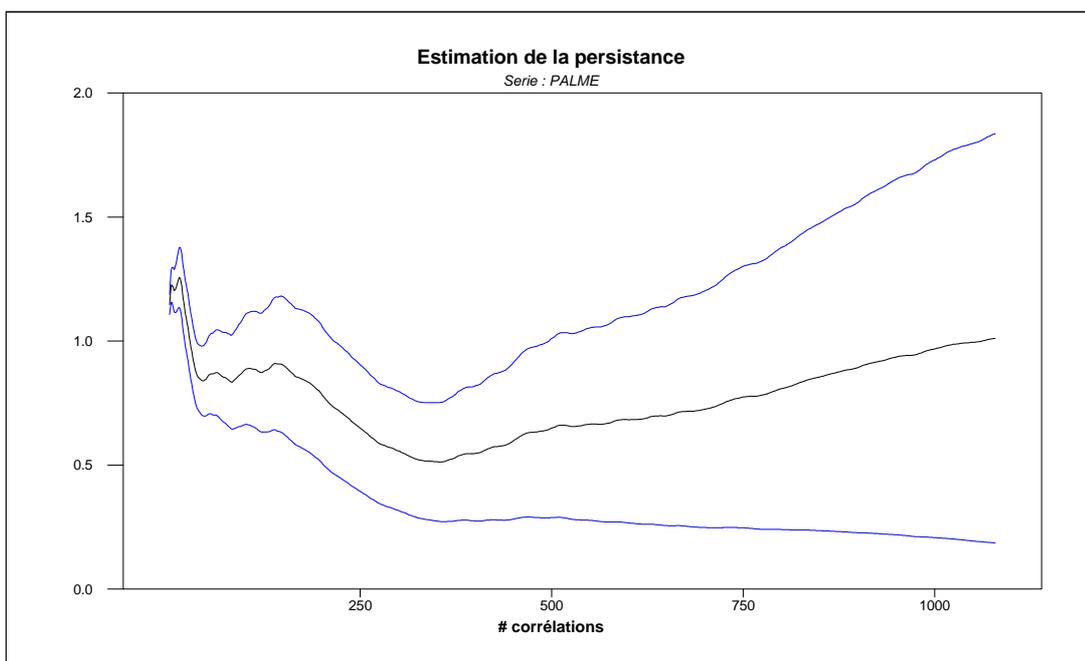
Tandis que dans le cas d'un modèle à tendance déterministe, la variance est indépendante de k . Le comportement de $\text{var}(y_t - y_{t-k})/k$ lorsque k s'accroît renseigne en conséquence sur la nature du *trend* : ce rapport est constant dans le cas d'une marche au hasard ; il tend vers 0 dans le cas d'une tendance déterministe. L'existence d'une valeur asymptotique dit l'importance ou la « grosseur » (*big*) de la composante marche aléatoire de la série étudiée.

Une résolution graphique facilite considérablement la lecture des résultats. En abscisse sont placés les retards « k », en ordonnée le rapport $\text{var}(y_t - y_{t-k}) / k$. On pose, par simplification, $\sigma_e^2 = 1$. Des valeurs en ordonnée égales à 1 indiquent des chocs permanents et une marche au hasard pure ; déclinant vers 0 elles marquent la présence de chocs essentiellement transitoires autour d'une tendance déterministe.

Les analyses de Fama et French (1988) sur séries financières, également celles de Poterba et Summers (1988) et Lo et Mac Kinlay (1988) sur rendements boursiers, ont montré que les comportements des prix ne pouvaient en réalité être décrits par un type de tendance à l'exclusion de l'autre : après une période de déambulation au hasard, une tendance déterministe se fait jour vers laquelle les prix retournent. Connue sous le nom de retour à la moyenne (*mean reverting process*) ce phénomène a été également observé sur des séries agricoles par Araujo Bonjean (1997) : les séries tendent à retourner à leur moyenne avant dix ans.

Résultats : ici rien de tel. La tendance stochastique à long terme l'emporte (graphique 4.3) : en première approximation, les prix, bien loin de converger à long terme vers une quelconque moyenne après avoir déambulé au hasard, errent au contraire de manière apparemment aléatoire dans un horizon lointain. Un déclin irrégulier jusqu'aux 360^{ème} retard est observable : la dépendance de long terme disparaît après 30 ans²⁷. On a une configuration inverse à celle exposée dans le paragraphe précédent puisqu'ici, après un lent retour à la moyenne dans un intervalle de trente années, la série reprend sa promenade au hasard.

Graphique 4.3 : Une marche au hasard ? Série PALME, 1818-1997



Creusons le hasard. Un modèle linéaire classique AR(p) déjà utilisé dans les pages précédentes est construit sur la différence première X_t de la série logarithmique :

$$cte + B(L) X_t = e_t, \quad [4.3]$$

où $B(L) = b_1 L + \dots + b_p L^p$; L est l'opérateur de retard tel que $L^s X_t = X_{t-s}$; e_t est distribué selon une loi normale de moyenne nulle et de variance h_t .

L'ordre p du modèle AR est évalué grâce au critère d'Akaike : $p = 18$. L'équation [4.3] est ensuite estimée selon la méthode du maximum de vraisemblance, en considérant d'abord que la variance h_t des résidus est indépendante du temps : $h_t = h$ (homoscédasticité) : c'est le modèle DPALME-AR18. Puis on suppose que la variance dépend du temps : $h_t = c_0 + q_1 e_{t-1}^2 + p_1 h_{t-1}$ (hétéroscédasticité)²⁸ : ce sera le modèle DPalme-AR18-GARCH.

Les résultats de l'estimation du modèle à variance constante sont présentés tableau 4.4. La validité de l'estimation est confirmée par les tests de corrélation de premier ordre sur les résidus. Ainsi du test de Ljung et Box, qui ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle d'un bruit blanc.

Un modèle non linéaire à variance conditionnelle AR18-GARCH(1,1) est ensuite construit, dont les estimations sont fournies tableau 4.5.

On dispose au total de trois séries : la série brute différenciée DPalme, la série filtrée Dpalme-AR18 (filtre linéaire), et la série des résidus standardisés Dpalme-AR-GARCH²⁹ (filtre non linéaire par la variance), auxquelles on applique le test BDS de bruit blanc.

2) Test BDS

La dimension de plongement varie de 1 à 10, le rayon de l'hypersphère est fixé à 1 fois l'écart type de la série étudiée. Sous l'hypothèse nulle d'un bruit blanc, la statistique W converge asymptotiquement vers la loi $N(0,1)$. Les valeurs critiques du test à 2.5% et 1% sont respectivement 1.96 et 2.33 (tableau 4.2). Dans le cas de résidus GARCH, la distribution empirique du test diffère très légèrement d'une loi $N(0,1)$; les valeurs critiques sont tirées de Brock et *al.* (1991).

²⁷ Soit *grosso modo* la durée de vie commerciale des arbres. Affaire à suivre.

²⁸ Bollerslev (1986).

²⁹ Les résidus standardisés u_t sont donnés par : $u_t = e_t h_t^{-1/2}$, où h_t est la variance conditionnelle.



Tableau 4.3 : Test BDS sur Palme différenciée (Dpalme) et séries filtrées

	DPalme	Dpalme-AR18	DPalme-AR18- GARCH
BDS test			
($\varepsilon=\sigma$)			
m = 10	24.82***	51.93***	13.81***
m = 5	33.97***	24.47***	8.54***
BDS test			
($\varepsilon=1/2\sigma$)			
m = 10	12.94***	210.78***	
m = 5	17.80***	30.32***	

*** : 1% signif.

L'hypothèse de bruit blanc est rejetée dans les trois cas, y compris lorsque la volatilité conditionnelle (corrélations des variances) a été réduite sous Garch (on ne dispose dans ce cas que des distributions de la statistique pour $\varepsilon=\sigma$). Les observations ne sont pas indépendantes ; de fortes corrélations persistent après filtrages, qui disent la présence d'une composante non linéaire très forte, déterministe, dans la série.

La mesure de l'attracteur sur les deux séries filtrées - filtre linéaire avec Palme-AR18 et non linéaire avec Palme-AR18-GARCH – précise ce dernier résultat. Bien loin de tendre vers la diagonale caractéristique des processus stochastiques, les mesures dans des espaces de dimension croissante de l'attracteur de notre série débarrassée des corrélations d'ordre un (moyenne) et deux (variance) se courbent vers l'horizontale (graphiques 4.4 et 4.5). On a dit qu'on observait habituellement un retour à la moyenne après dissipation des perturbations de court terme : ici l'inverse est observé. On constate aussi couramment, dans la littérature sur le sujet, une augmentation de la dimension de l'attracteur au fur et à mesure que la série est filtrée, sous AR d'abord, sous Garch ensuite : une fois encore, nous obtenons un résultat contraire à l'enseignement des études empiriques sur d'autres produits.

Tableau 4.4 : Estimation du modèle Dpalme-AR18

Dependent Variable DPALME - Estimation by Box-Jenkins

Iterations Taken 2

Monthly Data From 1819:08 To 1997:12

Usable Observations 2141 Degrees of Freedom 2123

Centered R**2 0.050416 R Bar **2 0.042813

Uncentered R**2 0.050652 T x R**2 108.446

Mean of Dependent Variable 0.0009459574

Std Error of Dependent Variable 0.0600592035

Standard Error of Estimate 0.0587594972

Sum of Squared Residuals 7.3300364699

Durbin-Watson Statistic 1.999279

Q(36-18) 14.179724

Significance Level of Q 0.71730236

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. AR{1}	0.144501205	0.021675719	6.66650	0.00000000
2. AR{2}	-0.060363643	0.021832601	-2.76484	0.00574431
3. AR{3}	0.029387866	0.021858402	1.34447	0.17894156
4. AR{4}	-0.002781367	0.021787696	-0.12766	0.89843197
5. AR{5}	-0.045376141	0.021791427	-2.08229	0.03743517
6. AR{6}	0.023800265	0.021818702	1.09082	0.27547611
7. AR{7}	-0.049349229	0.021816084	-2.26206	0.02379459
8. AR{8}	0.064214326	0.021826596	2.94202	0.00329609
9. AR{9}	0.018031058	0.021869042	0.82450	0.40974730
10. AR{10}	-0.013816320	0.021869405	-0.63176	0.52760861
11. AR{11}	0.036375592	0.021832369	1.66613	0.09583480
12. AR{12}	0.012550236	0.021807884	0.57549	0.56502042
13. AR{13}	-0.018559255	0.021803008	-0.85122	0.39474063
14. AR{14}	-0.003498052	0.021784580	-0.16057	0.87244366
15. AR{15}	-0.054820425	0.021787045	-2.51619	0.01193621
16. AR{16}	-0.035113630	0.021811175	-1.60989	0.10757017
17. AR{17}	-0.080230606	0.021796570	-3.68088	0.00023823
18. AR{18}	-0.049960311	0.021634633	-2.30927	0.02102391

Tableau 4.5 : estimation du modèle Dpalme-AR18-GARCH

Estimating an AR(18) for the mean of DPALME
w/ a GARCH(1,1) model for the conditional variance

The A coefficients refer to the AR equation for the mean
A0 is the constant in the mean equation
C is the constant in the conditional variance equation
The Q coefficients refer to the lagged squared residuals
The P coefficients refer to the lagged conditional variance
The numbers in the A,Q,P coefficients refer to the lag

Estimation by BHHH
Iterations Taken 162
Monthly Data From 1819:09 To 1997:11
Usable Observations 2139 Degrees of Freedom 2118
Function Value 3315.79249039

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

1. A1	0.1434	0.0213	6.72054	0.0000000
2. A2	-0.0647	0.0230	-2.80669	0.00500527
3. A3	0.0177	0.0253	0.70133	0.48309705
4. A4	-0.0290	0.0229	-1.26379	0.20630405
5. A5	-0.0282	0.0254	-1.10987	0.26705424
6. A6	-0.0118	0.0254	-0.46456	0.64224911
7. A7	-0.0380	0.0253	-1.50597	0.13207442
8. A8	0.0151	0.0254	0.59527	0.55166585
9. A9	3.5240e-003	0.0245	0.14354	0.88586066
10. A10	-1.3952e-003	0.0248	-0.05619	0.95518709
11. A11	0.0440	0.0237	1.85843	0.06310728
12. A12	6.1911e-003	0.0247	0.25054	0.80216667
13. A13	-6.6392e-003	0.0268	-0.24739	0.80460562
14. A14	-0.0106	0.0235	-0.45003	0.65268828
15. A15	-0.0542	0.0251	-2.15973	0.03079332
16. A16	-0.0384	0.0232	-1.65428	0.09807070
17. A17	-0.0656	0.0266	-2.46819	0.01357968
18. A18	-0.0203	0.0255	-0.79434	0.42699581
19. C	1.8415e-005	2.3448e-006	7.85342	0.0000000
20. Q1	0.0469	2.6676e-003	17.56919	0.0000000
21. P1	0.9501	1.6979e-003	559.57695	0.0000000

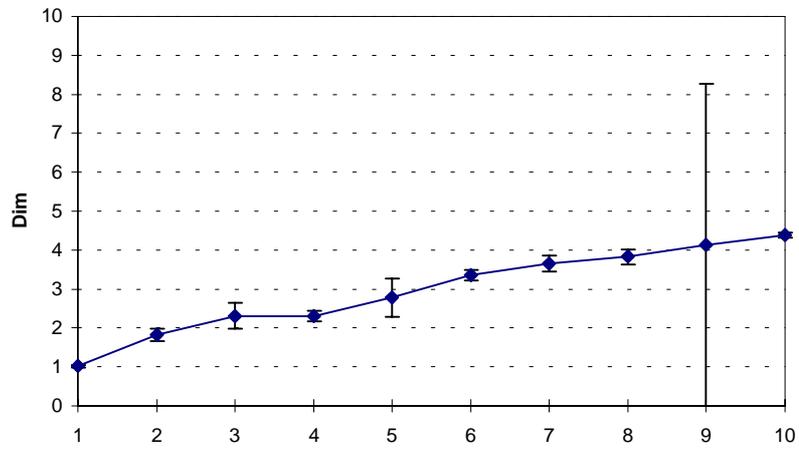
The Ljung-Box Q-Test for Serial Correlation in NRESIDS
LB(24) Test Statistic: 8.1466 Significance Level: 0.22756

The Jarque-Bera Normality Test, ChiSqr(2), for NRESIDS
Test Statistic:6298.9076 Significance Level: 0.00000

The Ljung-Box Q-Test for Serial Correlation in SQNRESIDS
LB(24) Test Statistic: 10.0483 Significance Level: 0.12263

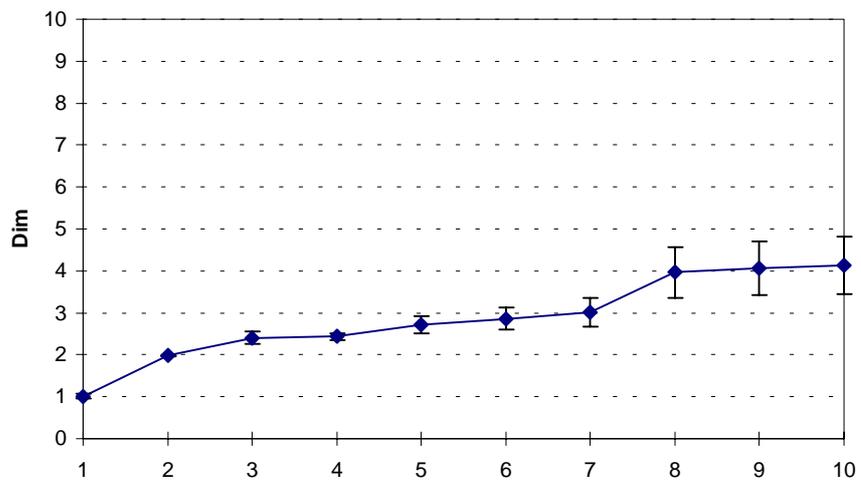
Graphique 4.4

Dimension de l'attracteur, série AR



Graphique 4.5

Dimension de l'attracteur, série AR-GARCH



En résumé : de la différence première du logarithme des prix mensuels de l'huile de palme 1818 à 1997, considérée comme l'unique variable observable d'un système dynamique aux propriétés inconnues, ont été mesurées deux grandeurs clés : la stabilité globale, l'instabilité locale, afin de déceler l'existence d'une structure déterministe et chaotique. L'instabilité locale est démontrée (exposant de Lyapunov positif). La stabilité globale est d'une affirmation plus délicate. Sur série non filtrée, la faible dimension de l'attracteur plaide pour un système dissipatif, de type turbulent, avec une succession dans le temps de convergences vers un point d'équilibre. L'impossibilité de mesurer la dimension globale de l'attracteur et les non linéarités en moyenne décelées par le test de Hsieh dans un précédent chapitre précisent ce résultat : le point ou la droite de convergence n'est pas stable, si bien qu'au total, les prix errent autour d'une succession de points d'équilibre sans jamais s'arrêter sur aucun. Cette précision est confortée d'une part par l'analyse de la variance des différences kèmes : aucun retour à la moyenne n'est observé : la dispersion des différences premières est sensiblement égale à la dispersion des différences kèmes : le prix ne converge pas vers un équilibre de long terme. D'autre part, une fois ôtées les faibles autocorrélations des moyennes (filtre linéaire AR) et les très fortes autocorrélations des variances (filtre non linéaire AR-Garch), notre série persiste à se comporter comme si elle était issue d'un processus déterministe : la dimension de son attracteur est faible. Un processus déterministe conserve la trace tout au long de son histoire des états qu'il traverse : une dépendance de long terme significative doit exister entre les variations des prix il y a x années est celles d'aujourd'hui. La détecter est l'objet des tests de mémoire longue.

III) Tests de mémoire longue

L'analyse du ratio des variances de Cochrane et la dimension quasi-nulle de notre attracteur, dont on a dit qu'ils signalaient une succession d'équilibres de dissipation contrariés, convoqueraient plutôt l'anti-persistance en description de nos variations de prix.

1) *Statistique R/S et statistique de Lo*

Le calcul de H l'exposant de Hurst par régression linéaire (graphique 4.6) donne les résultats suivants :

Tableau 4.6 : calcul de l'exposant de Hurst par régression

1818-1997	H
Dpalme	0.59
Dpalme-AR18	0.54
Dpalme-AR18-GARCH	0.50

Le calcul de la statistique \tilde{Q}_n ne confirme pas la présence de mémoire longue que suggère H :

Tableau 4.7 : statistique R/S (notée \tilde{Q}_n) classique

1818-1997	\tilde{Q}_n
Palme	1.32
Palme-AR18	1.37
Palme-AR18-GARCH	1.25

Enfin le calcul de la statistique modifiée par Lo, V, augmente la confusion :

Tableau 4.8 : Statistique V de Lo

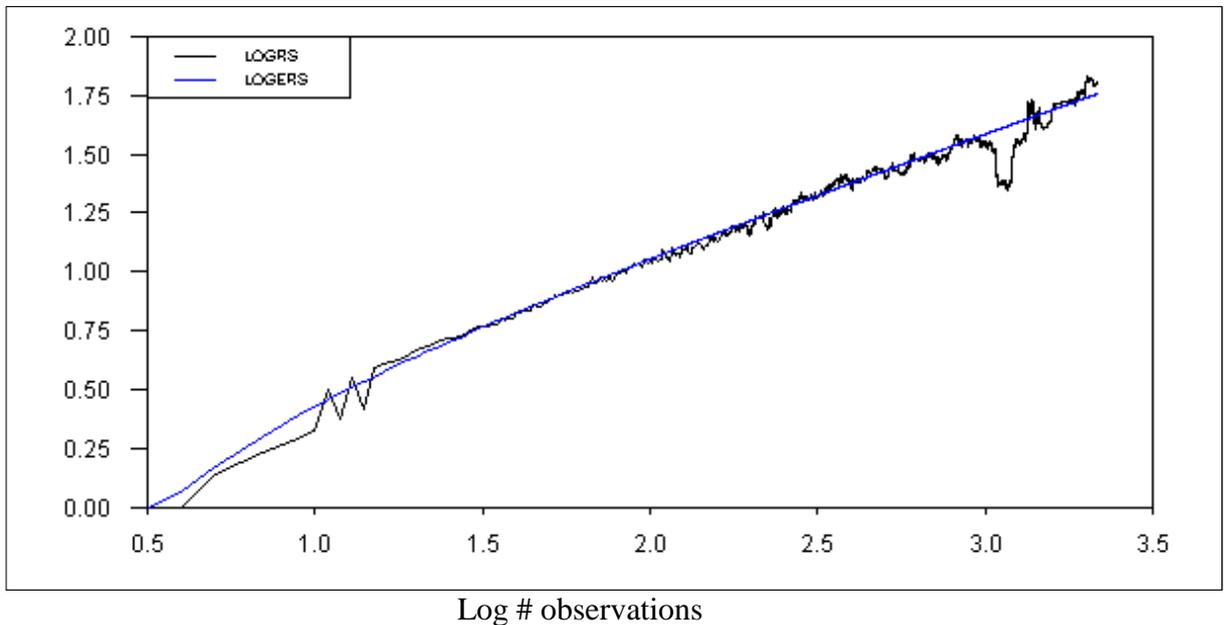
1818-1997	V
Palme	0.78**
Palme-AR18	1.37
Palme-AR18-GARCH	1.25

*** : significatif à 1%

** : significatif à 2,5%

* : significatif à 5%

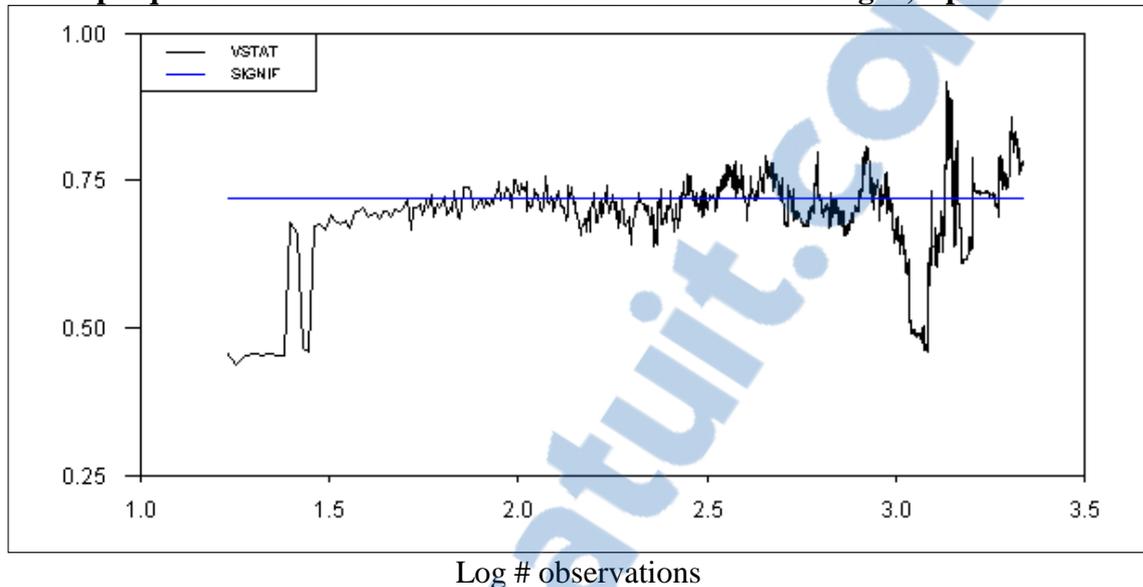
Graphique 4.6 : Calcul de l'exposant de Hurst H par régression linéaire, Dpalme AR18 : H = 0.54



Le graphique 4.7 donne l'évolution de la statistique V avec le nombre d'observations en logarithme ; le seuil des 1% est matérialisé par la droite horizontale coupant l'axe des ordonnées à 0.721. A l'évidence nous sommes dans un cas limite. Un cas limite d'anti-persistence. Précisément, le système entre et sort de la zone de mémoire longue : il converge d'abord en sinusoïdes irrégulières, atteint un extremum autour de la 1214^{ème} observation ($\log(1214) \approx 3.08$) avec une valeur minimum de V égale à 0.46.

Cette observation se situe au premier trimestre de l'année 1919. La sortie de la zone d'anti-persistence a lieu à la 1348^{ème} observation ($\log(1348) \approx 3.13$) soit durant le premier trimestre de l'année 1930. Après un dernier passage dans cette région du test durant les onze années 1940-1950, le processus perd la mémoire.

Graphique 4.7 : Entrées et sorties des zones de mémoire longue, Dpalme AR18



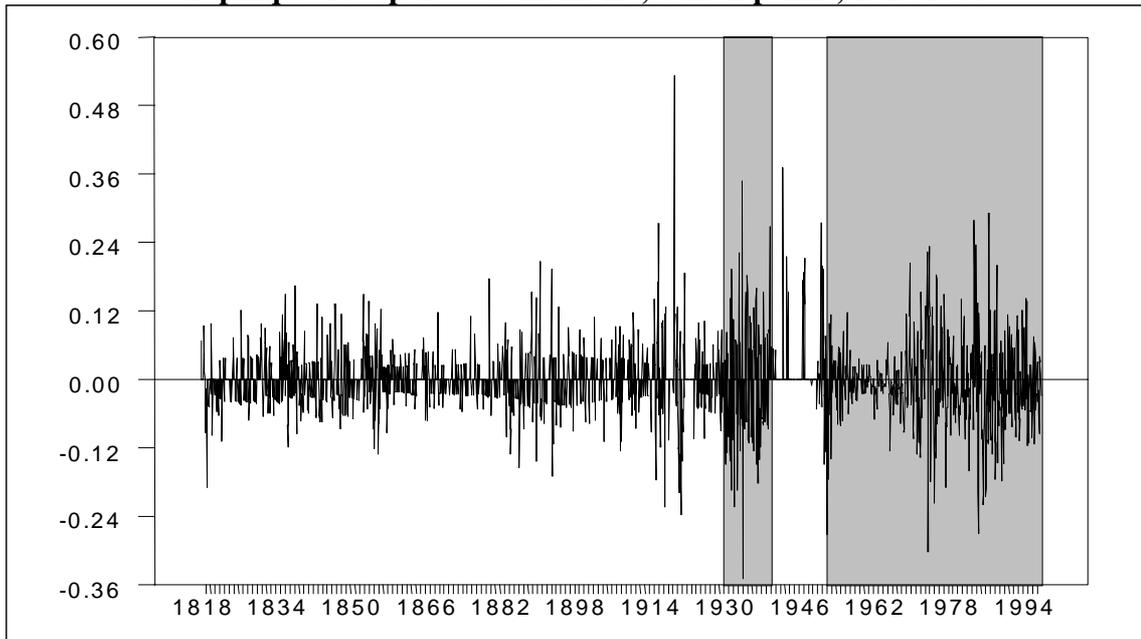
L'occurrence des régimes et changements de régimes est obtenue par comparaison de la statistique V avec sa valeur significative au seuil des 1% sur échantillon unique. On obtient une succession de pertes de mémoire (sortie de la zone de mémoire longue : $V > 0.721$ pour 1 bloc de n observations, n fournissant la date) selon la chronologie suivante :

Tableau 4.9 : entrée et sortie des zones d'anti-persistance

XIX ^e siècle	entrée	1930 sortie
1940	entrée	1950 sortie

Il est aisé alors de traduire graphiquement les changements de régime mesurés à l'aune de la mémoire longue. Le graphique 4.8 montre l'évolution de la dynamique des prix de l'anti-persistance vers l'absence de mémoire longue.

Graphique 4.8 : pertes de mémoire, série Dpalme, 1818 1997

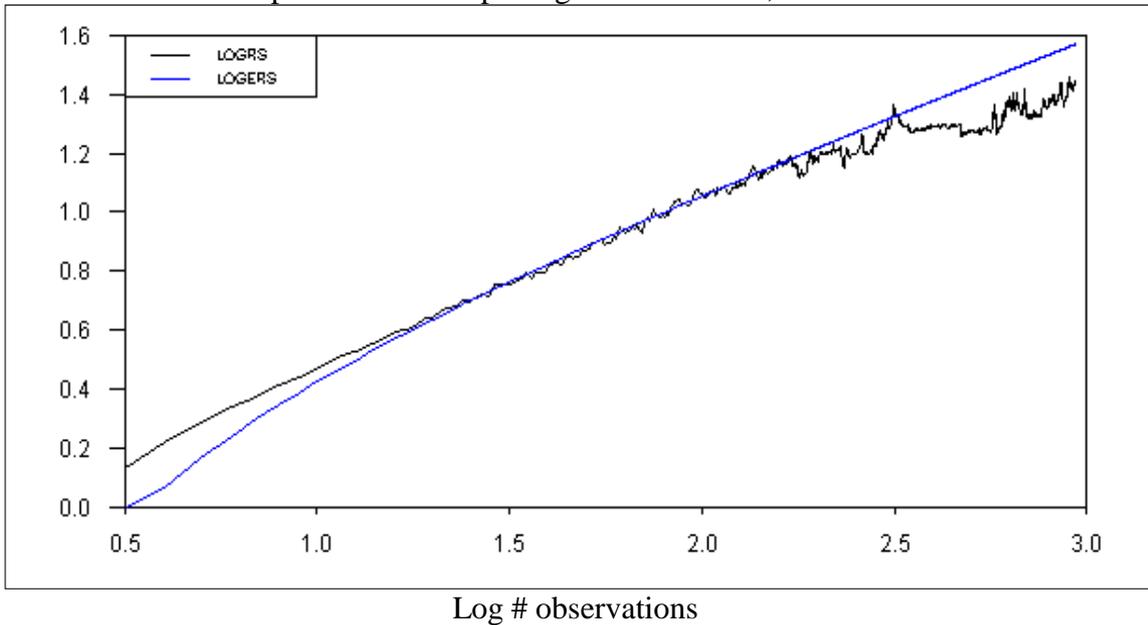


Les zones non grisées correspondent aux régions significatives à 1% du test de mémoire longue de Lo.

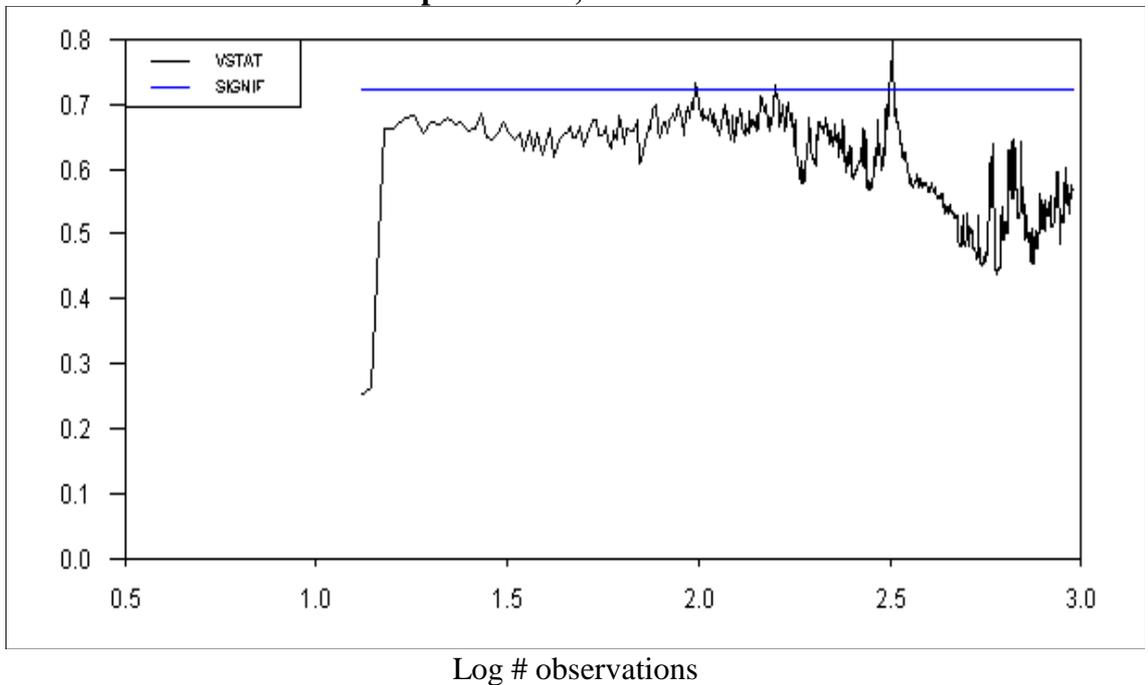
Une confirmation du découpage par régimes, les régimes étant déterminés par le seul indicateur de mémoire longue, est fournie par l'exercice suivant. On scinde l'échantillon Dpalme en deux échantillons de longueur égale : le premier couvre la période 1835-1913, le second la période 1919-1997 puis on applique à chacun le test de Lo. Nous devrions trouver, dans le premier cas, une convergence marquée vers la région d'anti-persistence, et dans le second, une promenade de la statistique V dans la zone sans mémoire. Les calculs le confirment (graphiques 4.9 à 4.12 où l'espérance de la statistique V égale à celle d'un bruit est reportée sous la légende « ERS »). Pour reprendre la typologie de Peters (1994) et Mandelbrot (1997) qui définit trois couleurs de hasard (rose pour l'anti-persistence, blanc pour un signal indépendant et identiquement distribué, noir pour la persistance), on passe d'un régime rose à un régime blanc – ou tirant vers le blanc, disons « gris ».

Graphique 4.9 : Tests de mémoire longue, série 1835-1913

Calcul de l'exposant de Hurst par régression linéaire, 1835-1913 : $H = 0.42$

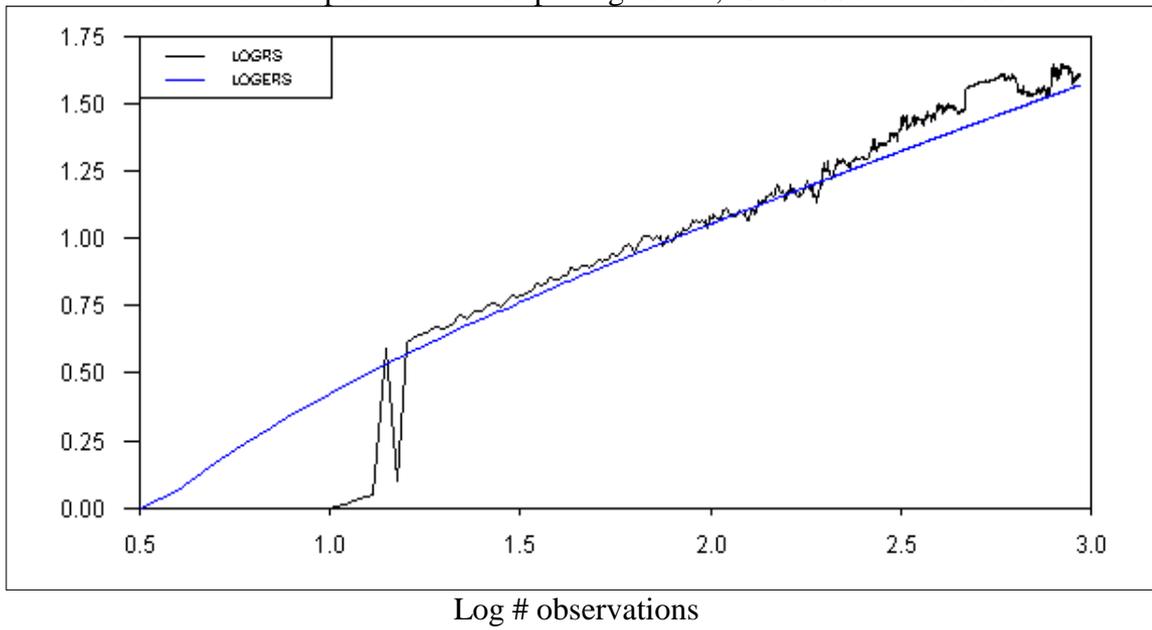


Graphique 4.10 : V statistique et présence de mémoire longue : un cas d'anti-persistance, 1835-1913

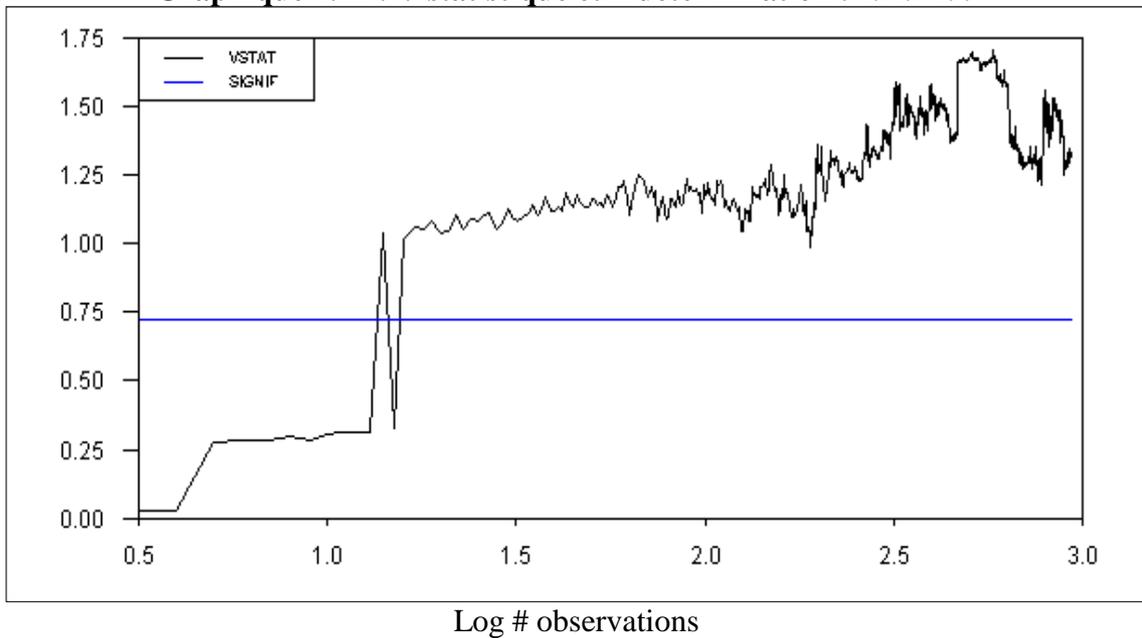


Graphique 4.11 : Tests de mémoire longue, série 1919-1997

Calcul de l'exposant de Hurst par régression, 1919-1997 : $H = 0.60$



Graphique 4.12 : V statistique et indétermination : 1919-1997



Reste à traduire les changements de régime en terme de volatilité : les prix sont-ils plus volatiles en régime anti-persistant ou durant les périodes sans dépendance de long terme ?

2) *Test d'égalité des variances en période rose et grise*

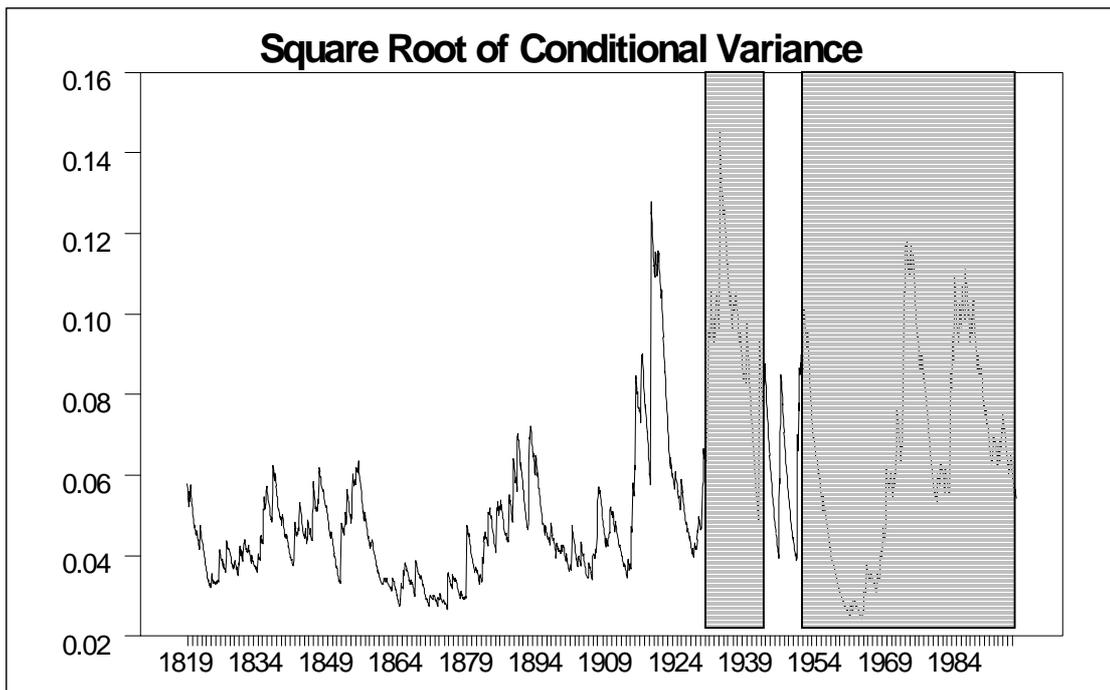
On scinde l'échantillon Dpalme en deux échantillons de longueur égale : le premier couvre la période rose 1835-1913, le second la période grise 1919-1997. Puis on compare les variances mesurées sur chaque échantillon grâce à un test F de Fischer. Le test F de Fischer permet de tester l'égalité des variances sur deux périodes disjointes d'un échantillon. Les résultats sont fournis dans le tableau suivant :

Tableau 4.10 : Test F de Fischer d'égalité de la variance entre les régimes

	1835- 1913	1919-1997
σ^2	.001756	.005825
Test F	1.25 ^E -71	

Résultat : La variance rose est égale à 0.001756 contre 0.005825 en période grise. Le test F est très largement significatif : la volatilité a plus que triplé en passant le siècle. En définissant l'écart type des variations logarithmiques des prix du palme comme la mesure de la volatilité, on aurait une éventuelle identification du régime rose à de la volatilité basse, et du régime gris à de la volatilité haute. Le seul indicateur de volatilité mensuelle que nous possédons est l'écart-type conditionnel. L'évolution de la volatilité conditionnelle (graphique 11 du chapitre 1) sur laquelle a été reportée les dates d'entrée / sortie des zones de dépendance de long terme est donnée graphique 4.13.

Graphique 4.13 : volatilité conditionnelle et pertes de mémoire, série Dpalme



Hormis le pic d'inflation des années 1919-1923, la concomitance entre volatilité haute et dépendance de court terme et entre volatilité basse et dépendance de long terme est *graphiquement* vérifiée. Il ne s'agit bien sûr que d'une illustration. On pourrait néanmoins lui trouver des justifications. La dépendance de long terme a des implications en terme de prévision : elle la sert puisque c'est sur la connaissance des corrélations passées d'une variable que s'appuie la prévision de ses valeurs futures. Traduire la volatilité comme une erreur de prévision devrait alors mener au constat que la dissipation des dépendances de long terme, en réduisant la prévisibilité des cours, augmente le risque d'erreur. Or c'est bien ce que l'on constate. On le vérifie par l'estimation d'un modèle de changements de régime de la volatilité sous chaînes de Markov.

CHAPITRE 5

DES CHANGEMENTS DE REGIME AUX CHANGEMENTS DE LA VOLATILITE

On vérifie que la chronologie des changements de régime, déduite des résultats des tests de dépendance de long terme, coïncide avec la chronologie des changements de la volatilité. En construisant d'après Hamilton (1989) un modèle stochastique qui laisse le choix aux variations de prix d'être tirées parmi deux distributions différant par la moyenne (une moyenne « basse » et une moyenne « haute ») et, plus important, par l'écart type (une volatilité « basse » et une volatilité « haute »), nous disposerons après estimation du modèle, en plus des valeurs (hautes et basses) de la moyenne et de la volatilité dans chacune des deux distributions, des dates de passage de l'une à l'autre. La chronologie des « changements de régime de la volatilité » selon l'expression consacrée pourra alors être objectivement établie¹. Nous irons plus loin, risquerons, anticiperons sur l'avenir et la deuxième partie de ce travail. Le premier modèle est un modèle univarié. Une seule variable est considéré, Dpalme, qui nous donne les variations sur un mois des cours logarithmiques du palme. On construit un second modèle qui intègre deux horizons temporels, et non plus un seul : le premier à un mois caractéristique du négoce de court terme, le second à six mois conforme aux anticipations du négoce de long terme. Nous verrons que la spécification du modèle est amplement améliorée. En particulier, les corrélations du second ordre (les plus aisément observables) ou effets « Arch » disparaissent sur la période récente (1960-1997). Abstraits, ce négoce de court et long termes s'incarnera lors de l'étude historique du marché. On retiendra avant de

¹ On répète par précaution que les changements de régime du modèle stochastique de Hamilton n'ont pas de lien explicite, hormis leur non linéarité, avec les changements de régime en dynamique complexe de Day. La définition des régimes par Hamilton renvoie à une certaine distribution normale de probabilité : une chronique possède autant de régimes que l'on trouve de distributions normale de probabilité générant la chronique. Un régime en dynamique complexe n'est pas associé *a priori* à une quelconque distribution normale mais à une application particulière dans une région de l'espace des phases. Régime, dans ce chapitre, est pris au sens de Hamilton et renverra à « distribution de probabilité ».

l'aborder que les changements de la volatilité sont mieux décrits, estimés, par un marché travaillant sur deux horizons que sur un seul durant les 30 dernières années.

Nous commençons par la modélisation des changements de régime de la volatilité (*volatility switching-regime*) de la série DPALME au moyen des chaînes de Markov, selon les techniques développées par Hamilton (1989).

I / Un modèle univarié de changements de régime

Hamilton en 1989 développe un modèle de changements de régime à partir de chaînes de Markov convenant, en théorie, aux « séries temporelles montrant des changements de régime abruptes et non linéaires » (Layton, 1996). Il appliqua sa méthode aux données trimestrielles du PIB américain, apportant la confirmation des dates de changements de cycle d'affaire retenues par le *Business Cycle Committee of the National Bureau of Economic Research* avec une autre méthode. Son idée était de distinguer les phases d'expansion et les phases de contraction, à chacune correspondant des paramètres caractéristiques d'un régime² : la moyenne, la variance et les coefficients d'autorégression (modèle AR). En supposant par ailleurs que les changements de régime ne sont pas directement observables, une variable d'état du système est introduite dans l'écriture de la série afin de permettre à la série de sauter d'un régime à l'autre au cours du temps. En notant notre série y_t , le modèle de changements de régime de Hamilton s'écrit :

$$y_t = \mu^{s_t} + \phi^{s_t} Y_{t-1} + \sigma^{s_t} \varepsilon_t \quad [5.1]$$

où ε_t suit une loi normale $N(0,1)$, $\phi^{s_t} = (\phi_1, \dots, \phi_p)^{s_t}$ sont les coefficients du modèle auto-régressif (filtre linéaire classique) et $Y_{t-1} = (y_{t-1}, \dots, y_{t-p})'$. s_t rend compte de l'état du système et peut prendre les valeurs 1, 2, ..., S où S est le nombre d'états différents que le système est susceptible de traverser. On retient couramment $S = 2$; on

² Au sens de Hamilton, voir note précédente.

dit alors que la variable y_t est caractérisée par deux régimes : un premier dans lequel le modèle s'écrit ³ :

$$y_t = \mu^1 + \phi^1 Y_{t-1} + \sigma^1 \varepsilon_t$$

avec μ^1 et σ^1 la moyenne et l'écart-type de la série dans l'état – ou régime – 1. Un second dans lequel le modèle s'écrit :

$$y_t = \mu^2 + \phi^2 Y_{t-1} + \sigma^2 \varepsilon_t$$

avec μ^2 et σ^2 la moyenne et l'écart-type de la série dans l'état – ou régime – numéro 2.

A l'origine Hamilton (1989) supposait que seules la moyenne et la variance (ou l'écart type) changeaient au cours du temps. L'équation [5.1] permet aux paramètres d'auto-corrélation de changer également au cours du temps. Des variantes existent : on peut supposer par exemple que la série y_t est tirée de deux distributions différant seulement par les moyennes μ^1 et μ^2 et d'écart-type identique ($\sigma^1 = \sigma^2$) ; à l'inverse les deux distributions peuvent être d'écart type distincts et de moyenne égale. Nous essayerons d'estimer un modèle où tous les paramètres (moyenne, écart-type, coefficients d'auto-régression) peuvent prendre deux valeurs distinctes.

Enfin, on suppose que la variable d'état s_t , variable non observable, prend la forme d'une chaîne de Markov du premier ordre dont les probabilités de transition p_{ij} (probabilité de passer du régime i au régime j) sont comprises entre 0 et 1 et telles que :

$$P(s_t = j | s_{t-1} = i, s_{t-2} = k, \dots) = P(s_t = j | s_{t-1} = i) = p_{ij} \quad [5.2]$$

(la probabilité de transition entre deux régimes ne dépend que de l'état courant du système)

³ Les coefficients du modèle auto-régressif peuvent très bien être nuls : on suppose alors qu'aucune dépendance linéaire significative n'existe. Dans le cas de notre série, il s'agira d'un côté de la série DPALME (pas d'autocorrélation) de l'autre de la série DPALME-AR18 (autocorrélation jusqu'au rang 18). Filtre linéaire ou pas, ce n'est pas sur les coefficients d'auto-corrélation que repose fondamentalement la distinction entre régimes mais bien sur les deux premiers moments : la moyenne et la variance.

avec $\sum_{j=1}^S p_{ij} = 1 \forall i$. Une telle définition rapproche les modèles de changements de régime des modèles à seuil (modèles TAR⁴), à la différence qu'ici, en écrivant une loi de probabilité plutôt que des dates de changement de régime posées à priori (cas des modèles TAR), ce sont les données elles-mêmes qui imposent et font émerger les dates de changement et non pas l'œil de l'économètre ou la connaissance historique de l'économiste : le modèle révèle et date « de lui-même » les changements de régime survenus au cours du temps.

En notant $\theta = (\mu^{(i)}, \phi^{(i)}, \sigma^{(i)}, p_{ij})$, et $(i = 1, \dots, S; j = 1, \dots, S)$ le vecteur des paramètres du système, on cherche, par estimation du maximum de vraisemblance, les valeurs de θ décrivant le mieux la série. La fonction de vraisemblance s'écrit (Karamé et Perraudin, 1998) :

$$L(\vartheta) = \sum_{t=1}^T \log f(y_t | y_t; \theta) \quad [5.3]$$

où y_t est l'ensemble des informations disponibles à la date t, $f(y_t | y_t; \theta)$ la distribution des observations qu'il faut estimer sachant qu'à chaque date t l'on a :

$$f(y_t | y_t; \theta) = \sum_{j=1}^S P(y_t, s_t = j | y_t; \theta) = \sum_{j=1}^S P(s_t = j | y_{t-1}; \theta) f(y_t | s_t = j, y_{t-1}; \theta) \quad [5.4]$$

$f(y_t | s_t = j, y_{t-1}; \theta)$ est la densité conditionnelle de y_t selon j, distribuée selon la loi normale $\mathcal{N}(\mu^{(j)} + \phi^{(j)} Y_{t-1}, \sigma^{(j)})$ et $P(s_t = j | y_{t-1}; \theta) = \sum_{i=1}^S p_{ij} P(s_{t-1} = i | y_{t-1}; \theta)$ est la probabilité d'être dans l'état j à la date t conditionnellement à l'information détenue en t-1. L'estimation du maximum de vraisemblance se fait, au choix, à partir de la méthode du simplex qui permet d'approcher dans un premier temps un ensemble de paramètres proches du maximum puis, dans un second temps, par la méthode du gradient qui permet d'atteindre ce maximum ; ou alors suivant l'algorithme EM

⁴ Se reporter par exemple à Tong (1990).

(*Expectation/Maximization* ; voir Hamilton, 1990), dont une version sous Gauss a été rédigée par Warne (1997) : c'est celle que l'on choisit.

Une fois trouvé l'ensemble θ des paramètres décrivant le plus vraisemblablement la série, on calcule les probabilités filtrées (*filtered probabilities*) et les probabilités lissées (*smooth probabilities*) qui nous donnent, chronologiquement, la succession des états probables que traverse le système (on rappelle que s_t n'est pas directement observable). La probabilité filtrée s'écrit :

$$P(s_t = j | y_t; \theta) = \frac{P(y_t, s_t = j | y_t; \theta)}{f(y_t | y_t; \theta)} \quad [5.5]$$

Les probabilités lissées sont données par $P(s_t = j | y_T; \theta)$ où T est la longueur totale de l'échantillon. On les calcule récursivement à partir de l'égalité suivante (Karamé et Perraudin, 1998), $P(s_{t+k}, s_t | y_{t+k}; \theta)$ étant fourni à l'étape précédente par le calcul des probabilités filtrées :

$$P(s_{t+k}, s_t | y_{t+k+1}; \theta) = \frac{\sum_{s_{t+k}} P(s_{t+k}, s_t | y_{t+k}; \theta) P(s_{t+k+1} | s_{t+k}) f(y_{t+k+1} | s_{t+k+1}, s_{t+k}, y_{t+k}; \theta)}{f(y_{t+k+1} | y_{t+k}; \theta)} \quad [5.6]$$

Une fois atteint $P(s_T, s_t | y_T; \theta)$ on peut calculer la probabilité lissée

$$P(s_t | y_T; \theta) = \sum_{s_T} P(s_T, s_t | y_T; \theta).$$

On trouve nombre d'applications du modèle de changements de régime de Hamilton sur des séries financières : citons Schwert (1989), qui fait l'hypothèse que les rendements d'actions (i.e. les variations logarithmiques des prix) peuvent avoir deux variances, une « haute » et une « basse » : les sauts de l'une à l'autre sont modélisés par un processus de Markov à deux états. Chez Turner *et al.* (1989), la moyenne et/ou la variance de l'indice mensuel *Standard & Poor's* sont sujettes à des changements de régimes (haut/bas) ; les probabilités de passage de l'un à l'autre (probabilités de transition) sont supposées constantes. Hamilton et Susmel (1994) montrent qu'un modèle à changements de régime sous chaînes de Markov rend compte plus fidèlement du comportement des prix qu'un modèle sans changements de régime de type ARCH ou GARCH. Citons encore Schaller et Van Norden (1997), qui dans une approche semblable à celle de Turner *et al.* (1989), testent l'hypothèse de changements de régime dans les rendements boursiers mensuels américains de 1927 à 1989 en ménageant d'une part la possibilité de probabilités de transition variant dans le temps, et, d'autre part, celle d'une causalité de la volatilité, saisie au moyen d'une variable explicative : le ratio prix/dividende. Enfin citons Karamé et Perraudin (1998) qui au moyen de chaînes de Markov ont mis en évidence l'asymétrie entre les créations et les destructions d'emplois dans le secteur manufacturier français entre 1987 et 1996.

1) Application à DPALME 1818-1997

Existe-t-il une preuve statistique de changements de régimes de la volatilité des prix du palme entre 1818 et 1997 ? On estime l'équation [5.1] avec $y_t = DPALME$, $S = 2$ (deux régimes) et par gain de temps on pose $p = 1$ (filtrage linéaire jusqu'au rang 1)⁵. La moyenne, la variance, et le coefficient d'auto-régression sont supposés soumis à des changements de régime au sens de Hamilton. Les résultats sont donnés tableau 5.1.

⁵ Le calcul du maximum de vraisemblance dans ce cas, le plus simple, prend plus de 10 heures avec un PC de 133 MHz. Corriger les autocorrélations jusqu'au rang 18 (modèle DPALME-AR18) et non pas jusqu'au rang 1 (modèle DPALME-AR1 ci dessus) ne change rien à l'appréciation des changements de régime de la moyenne et de la variance mais consomme en revanche un temps bien supérieur.

Tableau 5.1 : Estimation du modèle de changement de régime, variable DPALME
1818-1997

	$s_t = 1$	$s_t = 2$
μ^{s_t}	-0.001 (0.0007)	0.005 (0.003)
$\phi_1^{s_t}$	0.158 (0.024)	0.195 (0.032)
σ^{s_t}	0.00074 (2.77e-05)	0.0079 (0.0004)
P_{11}		0.968 (0.004)
P_{22}		0.936 (0.009)
$L(\theta)$		3671
$P(s_t = 1)$		0.666
# obs.	1440	717

La volatilité (l'écart type) est multipliée par 10 d'un régime à l'autre. La moyenne est multipliée par 5 mais l'écart type de l'estimation en régime 2 est important. Enfin le coefficient d'auto-régression est stable ; il varie peu d'un régime à l'autre. La volatilité est clairement le facteur distinctif des régimes 1 et 2 définis par Hamilton : les deux lois de distribution diffèrent essentiellement par leur écart type. D'autre part la probabilité de rester en régime de basse volatilité ou régime 1 (resp. 2) sachant que le système se trouve déjà en régime 1 (resp. 2) est très forte, proche de 1 : elle vaut 0.967 (resp. 0.934) : la dichotomie est nette. La probabilité moyenne sur toute la longueur de l'échantillon (probabilité ergodique) de se situer en régime 1 est de 0.666, confirmant la prédominance historique des périodes de basse volatilité sur les périodes de haute volatilité depuis 1818, prédominance que suggère le nombre d'observations soumises au premier régime (1440). L'analyse des résidus du modèle est menée à la suite de White (1987). On teste la robustesse du modèle et la possibilité que subsistent des corrélations d'ordre 1 (autocorrélation), d'ordre 2 (corrélation des variance : effet ARCH) et des effets « Markov » d'un ordre supérieur (test du nombre approprié d'états : sont-ils supérieurs à 2?). Les résultats sont donnés tableau 5.2. La série semble être convenablement décrite par une chaîne de Markov à deux états ; de faibles colinéarités existent⁶ ; en revanche l'effet ARCH (corrélation de la volatilité) est énorme : le modèle

⁶ On n'a introduit qu'un seul terme de retard ($p=1$ dans l'équation [11.1]). L'autocorrélation disparaît avec l'augmentation du nombre de retard (p) – nous l'avons constaté – sans rien changer aux résultats des autres tests.

en l'état n'autorise pas la prévision⁷. Nous pouvons l'utiliser néanmoins pour les informations rétrospectives qu'il nous fournit : la datation. L'évolution dans le temps des probabilités filtrées et lissées est fournie graphiques 5.1 et 5.2.

Tableau 5.2 : Analyse des résidus, 1818-1997

	Autocorr	ARCH	Markov
	2.730*	9.591***	2.307

* : 5% signif.
 ** : 2,5 % signif.
 *** : 1% signif.

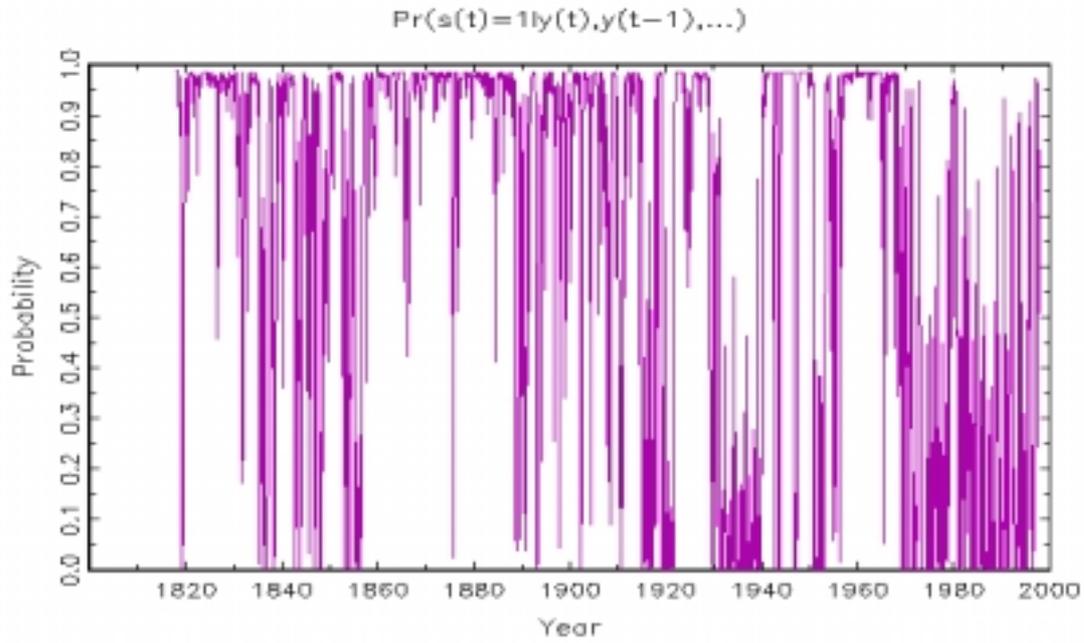
Rideaux de lianes, les graphiques montrent néanmoins ce que les probabilités p_{11} et p_{22} annonçaient. En considérant le premier régime, celui de basse volatilité, la probabilité de s'y trouver ne décolle pas de 1, sa valeur maximale, de 1818 jusqu'au derniers trimestre de 1929, à quelques exceptions près (que sont pour partie les décennies 1840 et 1850, ainsi que les années 1919-1921). Symétriquement, la probabilité de se trouver en régime 2 est quasi-nulle avant le premier trimestre de 1930. Deux périodes se distinguent, durant lesquelles la probabilité d'être en haute volatilité se hisse jusqu'à la valeur 1 et s'y maintient : la décennie 1930, et la période allant du premier trimestre 1972 à nos jours⁸.

⁷ La supériorité supposée ou attendue des modèles de changement de régime sur les modèles ARCH ou GARCH est à l'origine de la (ré)utilisation récente du modèle de Hamilton, comme par exemple chez Schaller et Van Norden (1997) où elle est effectivement démontrée : la modélisation des rendements boursiers avec un modèle en tout point similaire à celui développé ici gomme les effets ARCH. Nous ne pouvons guère prétendre à pareil résultat : les corrélations des moments d'ordre 2 et suivants qui rapprochent très intimement Dpalme des séries chaotiques sont bien trop robustes.

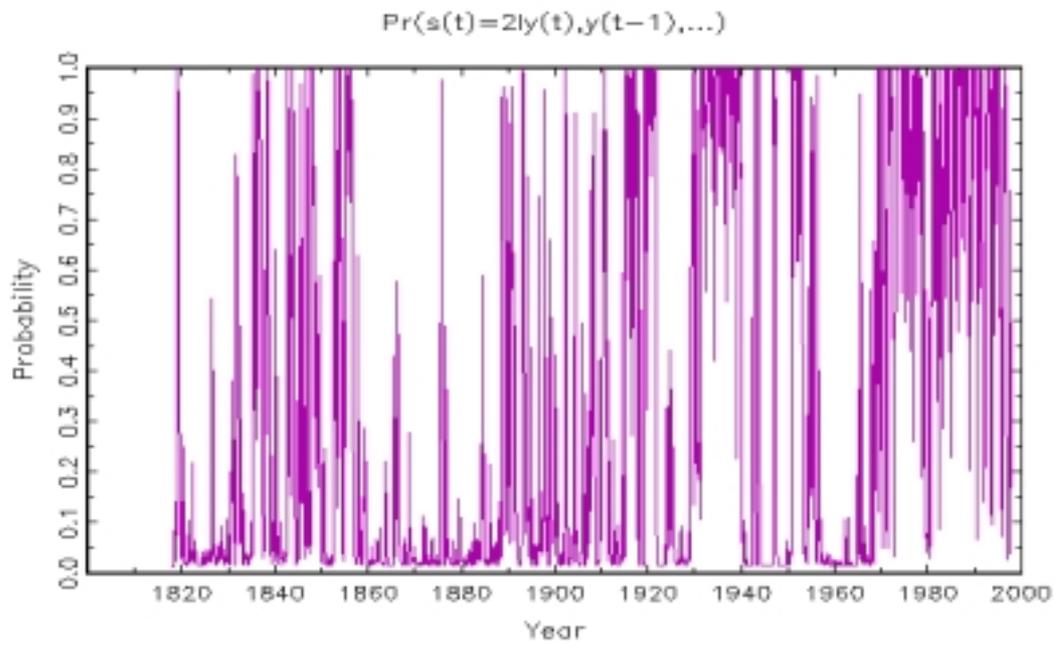
⁸ Guerre de Corée exclue : elle n'affecte que peu d'années la succession des probabilités.

Graphique 5.1 : Probabilités filtrées, DPALME 1818-1997

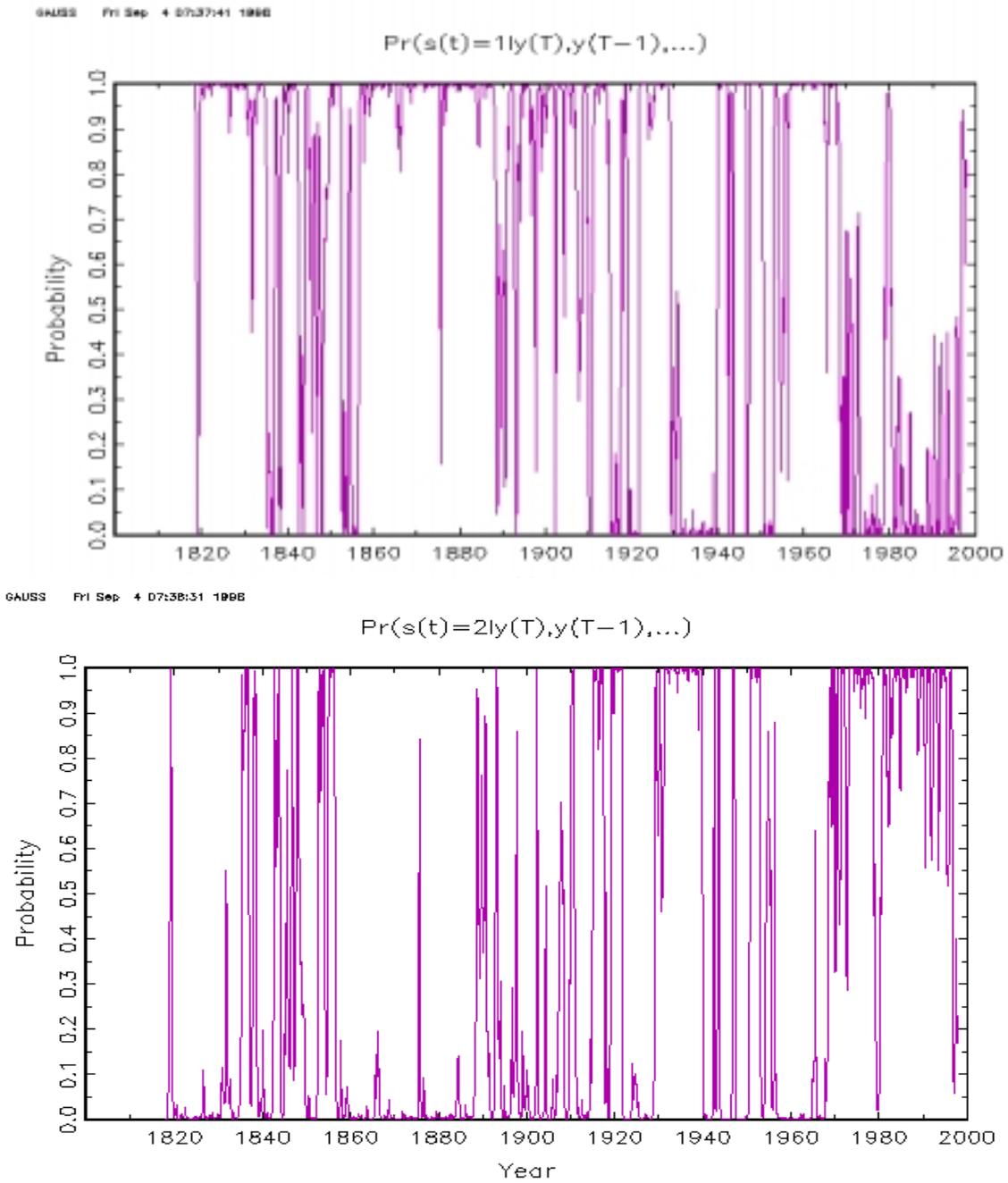
GAUSS Pr Sep 4 07:36:40 1998



GAUSS Pr Sep 4 07:37:13 1998



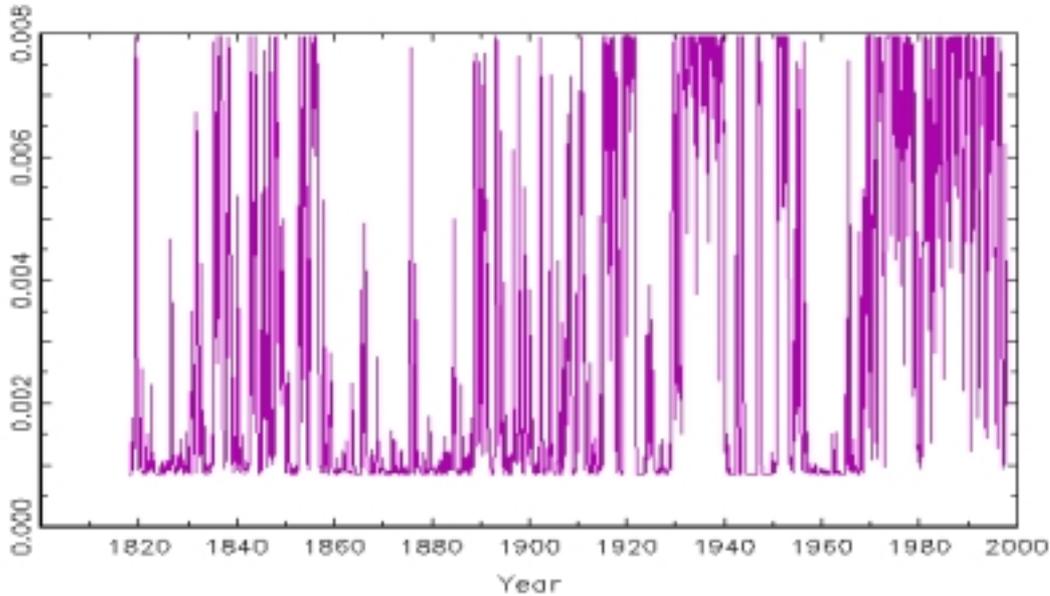
Graphique 5.2 : Probabilités lissées, DPALME 1818-1997



L'évolution de la volatilité instantanée $\sigma (s_t)$ reportée graphique 5.3 confirme les sauts entre les valeurs distinctives de chaque régime (0.0007 ; 0.0079) et leurs dates.

Graphique 5.3 : Volatilité $\sigma (s_t)$, DPALME 1818-1997

GAUSS Fri Sep 4 07:28:25 1998



La chronologie produite par les données elles-mêmes (nous venons de demander aux prix de choisir entre deux niveaux de volatilité et de nous fournir les dates de passage de l'un à l'autre) coïncide avec la chronologie des changements de régime au sens de Day identifiée par les résultats des tests de mémoire longue du chapitre 4. Les passages du régime complexe « rose » au régime complexe « gris » du chapitre précédent se produisent aux mêmes dates que celles du passage de la volatilité basse à la volatilité haute. Deux régimes de volatilité, historiquement, se sont succédés depuis près de deux siècles sur le marché de l'huile de palme.

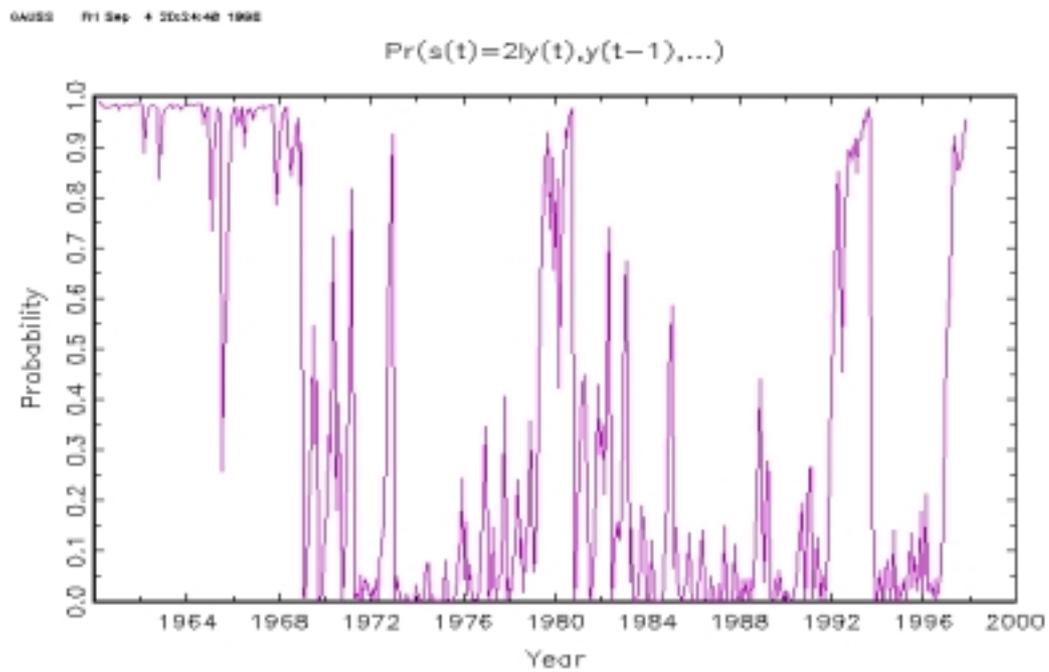
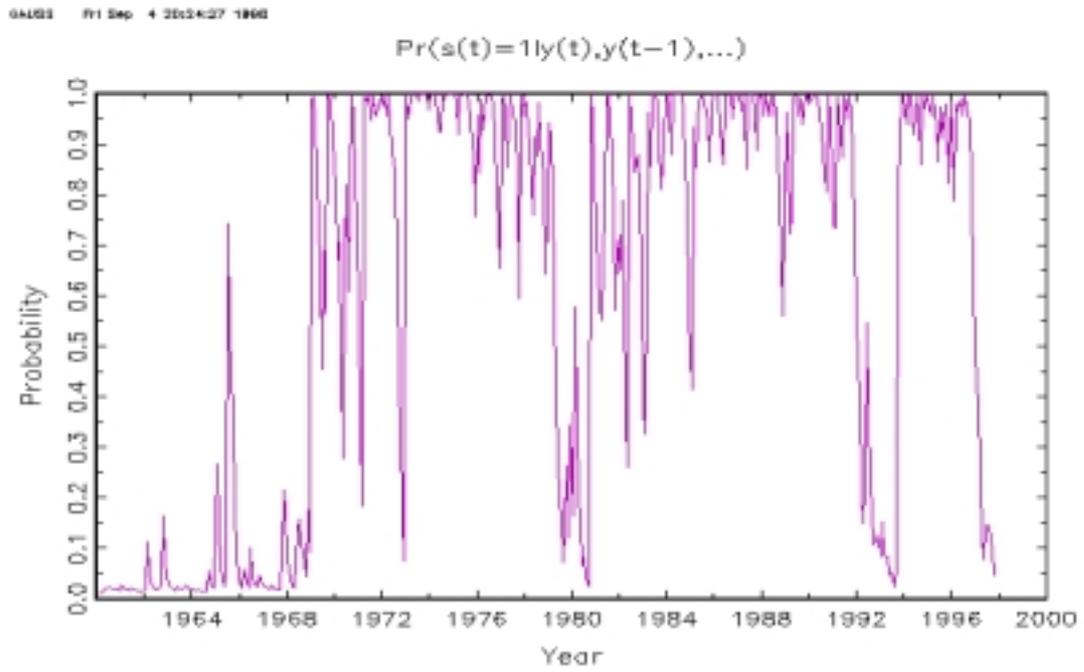
2) Application à Dpalme, 1960-1997

En nous limitant à la dernière période de haute volatilité (la période actuelle : 1972-1997), une dichotomie entre niveaux de volatilité reste possible. Les inconstances de la volatilité autorisent en effet, au sein d'un même régime de volatilité, la distinction entre sous-régimes caractérisés chacun par une volatilité particulière. C'est ce dont rend compte le tableau 5.2 (on a reculé l'origine de la chronique à 1960).

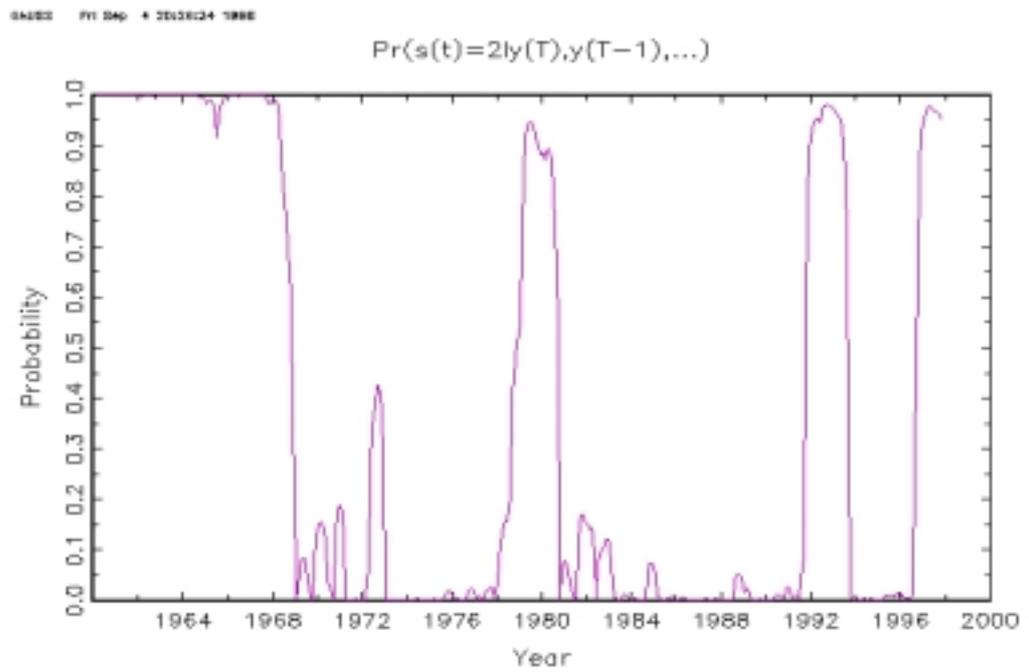
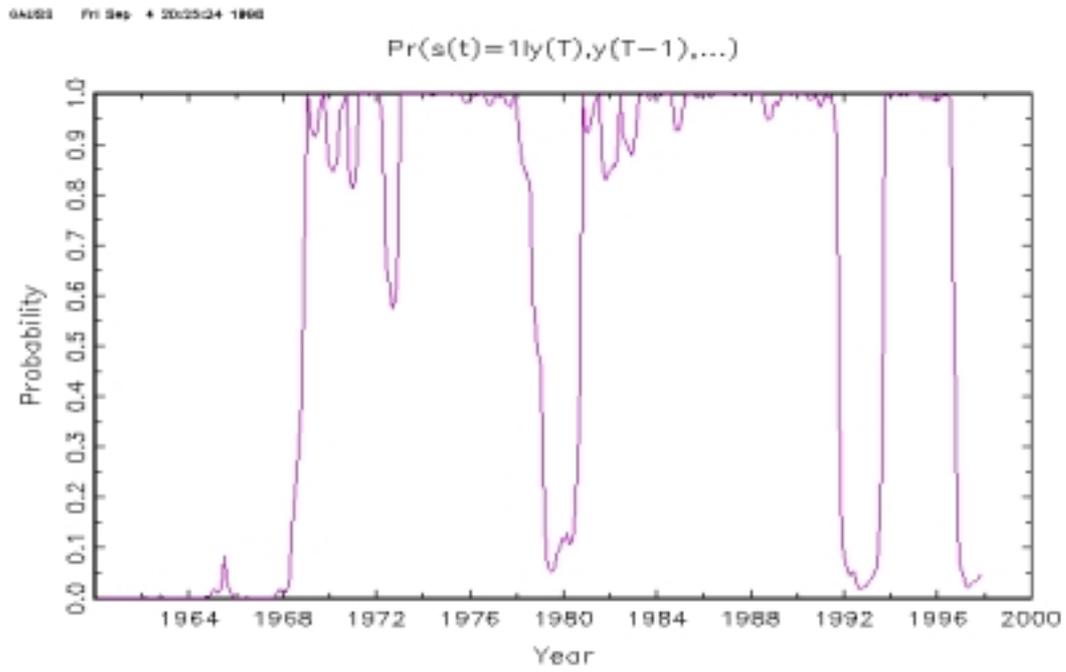
Tableau 5.3 : Estimation d'un modèle de changement de régimes, série DPALME
1960-1997

	$s_t = 1$	$s_t = 2$
μ^{s_t}	0.004 (0.005)	-0.002 (0.002)
$\phi_1^{s_t}$	0.41 (0.05)	0.40 (0.08)
$\phi_2^{s_t}$	-0.22 (0.05)	-0.13 (0.08)
σ^{s_t}	0.0066 (0.0005)	0.0008 (0.0001)
P_{11}		0.976 (0.010)
P_{22}		0.963 (0.017)
$L(\theta)$		650
$P(s_t = 1)$		0.611
# obs.	276	177

Graphique 5.4 : Probabilités filtrées, 1960-1997



Graphique 5.5 : probabilités lissées, DPALME 1960-1997



Le régime 1, ici celui de la volatilité haute, prédomine (graphiques 5.4 et 5.5). Les résultats des tests de spécification sont rapportés tableau 5.4 (on choisit cette fois d'estimer un modèle auto-régressif à deux retards : $p = 2$) : les résultats sont bien meilleurs que sur la série entière (1818-1997).

Tableau 5.4 : Analyse des résidus, 1960-1997

Autocorr	ARCH	Markov
0.07887	2.943**	0.7136

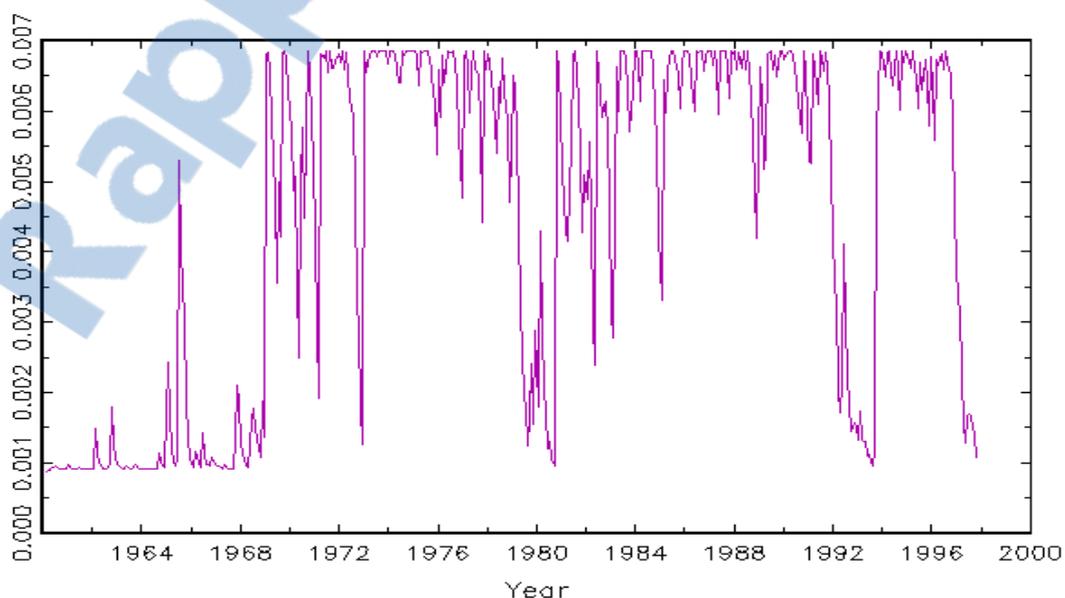
* : 1% signif.
 ** : 2,5% signif.
 *** : 5% signif.

Pas d'autocorrélation, une corrélation de la volatilité plus faible et pas d'effet « Markov » d'un rang supérieur : le modèle, quoique insatisfaisant à cause de l'effet ARCH, remplit mieux sa tâche que précédemment.

La volatilité subit des variations de 1 à 8 entre régimes ; la moyenne ne varie pas significativement. L'estimation de la volatilité en fonction des régimes traversés donne les résultats suivants (graphique 5.6) :

Graphique 5.6 : Volatilité $\sigma (s_t)$, DPALME 1960-1997

GAUSS Fri Sep 4 20:26:57 1998



Il existe un moyen d'améliorer l'estimation de nos changements de volatilité, non pas en recourant à tel ou tel instrument statistique sophistiqué⁹, mais en tenant compte du fonctionnement du marché. Imaginons que la géographie détermine, sinon elle seule, au moins en partie, le niveau de volatilité. Imaginons que différents horizons géographiques se côtoient : que l'Asie (Inde et Chine en tête) soit livrée en huile de palme à échéance d'un mois et réagisse instantanément aux variations de prix en fonction de ses dispositions domestiques en oléagineux. Imaginons que l'Europe, plus lointaine, arbitre entre différentes sources oléagineuses (d'Amérique du nord et du sud, d'Afrique et d'Asie) dont elle se trouverait, en première approximation, à égale distance ; que l'huile de palme y soit utilisée de manière privilégiée en margarine en raison de son avantage comparatif technique (elle est semi solide) qui réduirait la sensibilité de la demande aux variations de prix. Imaginons que les positions y excèdent couramment six mois. Comment décrire notre marché imaginaire ? Une seule variable, un seul horizons suffisent-ils ? Notre hypothèse est simple : la prise en compte, dans un modèle de changement de régime de volatilité, des variations de prix sur un mois mais également des variations de prix sur six mois, devrait permettre de décrire plus justement le comportement de la volatilité dans le temps du marché que l'on vient d'imaginer. Ce « plus justement » peut être testé par des ratios de vraisemblance, ou plus simplement, par la persistance ou la disparition de l'expression même des spécialisations géographiques – et donc des horizons temporels – dans l'échange : la corrélation de la volatilité dans le temps ou « bouffées ARCH ». On vérifie que ces bouffées disparaissent dans un modèle multivarié.

II/ Un modèle bivarié à deux horizons d'échange

On ne raisonne plus uniquement sur DPALME, c'est-à-dire sur les variations mensuelles ; on souhaite prendre en compte l'horizon d'éventuels investisseurs de long terme, terme que l'on fixe péremptoirement à 6 mois. On forme pour cela une variable S_t égale aux variations semestrielles du logarithme des cours mensuels :

$$S_t = \log\left(\frac{PALME_t}{PALME_{t-6}}\right). \text{ On vérifie que } S \text{ est stationnaire. On écrit par ailleurs les}$$

⁹ Comme l'écriture de modèles combinant les effets Arch et Markov ou modèles Arch-Markov : se reporter à Cai (1994).

variations mensuelles $D_t = DPALME_t = \log\left(\frac{PALME_t}{PALME_{t-1}}\right)$. Transformer le modèle univarié précédent en modèle multivarié est techniquement assez aisé même si quelques précautions sont nécessaires¹⁰. Insistons sur sa signification : la chronique des cours mensuels reflète à la fois les décisions d'achat et de vente prises à l'horizon d'un mois et les décisions d'achat et de vente prises à l'horizon de six mois. Les variations mensuelles des cours signalent les ajustements entre offreurs et demandeurs des deux horizons – le marché est unique, il n'existe pas un marché où l'on achète à un mois et un autre où l'on achète à six mois : il doit être possible en conséquence d'exprimer un vecteur de prix à deux horizons en fonction des variations mensuelles et des variations semestrielles. L'ajout de la variable D_t dans notre modèle de changement de régime devrait normalement supprimer les effets perturbateurs de la volatilité stochastique, ou volatilité *inexpliquée*, qu'il désintègre, c'est notre hypothèse, en volatilité haute ou basse (ce qu'aucun de nos modèles univariés n'est parvenu à faire jusqu'à présent).

On reprend l'équation [5.1] :

$$y_t = \mu^{S_t} + \phi^{S_t} Y_{t-1} + \sigma^{S_t} \varepsilon_t \quad [5.1]$$

que l'on réécrit sous la forme bivariée :

$$y_t = \begin{pmatrix} D_t \\ S_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_D \\ \mu_S \end{pmatrix}^{S_t} + \sum_{i=1}^p \begin{pmatrix} \phi_i \Psi_i \\ \phi_i \Omega_i \end{pmatrix}^{S_t} \begin{pmatrix} D_{t-i} \\ S_{t-i} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sigma_{D,t} 0 \\ 0 \sigma_{S,t} \end{pmatrix}^{S_t} \begin{pmatrix} \varepsilon_{D,t} \\ \varepsilon_{S,t} \end{pmatrix} \quad [5.7]$$

avec $(\varepsilon_{D,t}, \varepsilon_{S,t})$ distribués selon une loi normale centrée réduite $N(0,1)$. On choisit $p = 2$.

¹⁰ La matrice de variance-covariance doit être définie positive. Se reporter à Warné (1997) pour les détails de l'estimation.

1) Application à Dpalme, 1960-1997

L'estimation de l'équation [5.7] sur la période 1960-1997 donne les résultats suivants (les 8 coefficients auto-régressifs ont été omis du tableau, ne nous intéressant pas directement) :

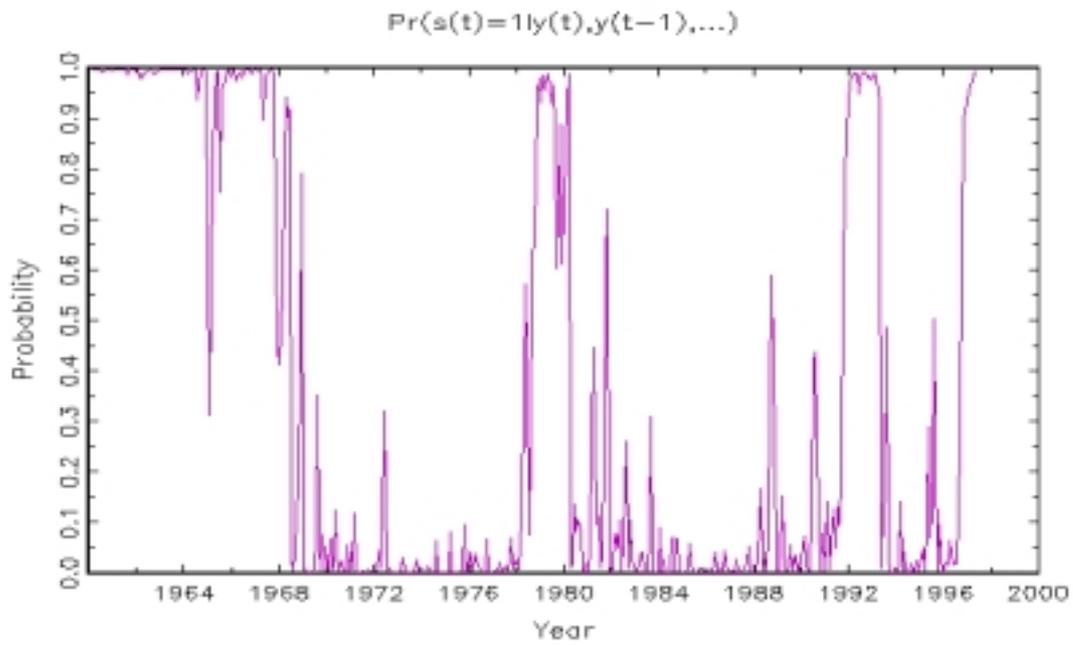
Tableau 5.5 : Estimation d'un modèle bivarié de changement de régimes
1960-1997

	$s_t = 1$	$s_t = 2$
$\mu_D^{s_t}$	0.004 (0.0062)	-0.0006 (0.0041)
$\mu_S^{s_t}$	-0.004 (0.0034)	0.0015 (0.0022)
$\sigma_D^{s_t}$	0.00074 (8.858e-05)	0.00494 (0.00033)
$\sigma_S^{s_t}$	0.0017 (0.0002)	0.0111 (0.00088)
p_{11}		0.976 (0.013)
p_{22}		0.987 (0.006)
$L(\theta)$		1329
$P(s_t = 1)$		0.349
# obs.	156	291

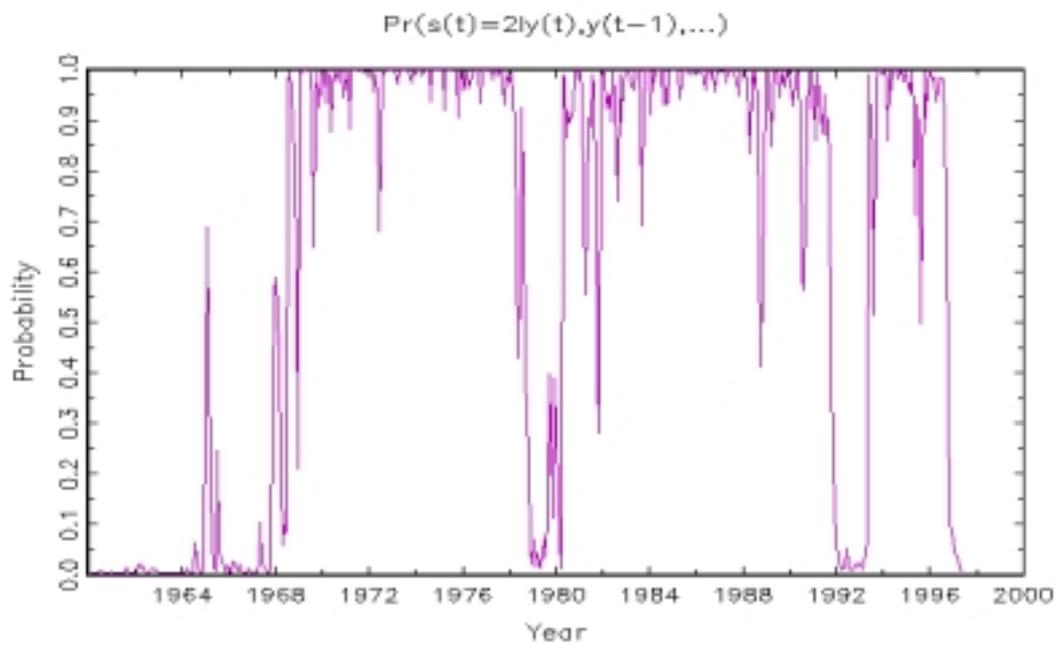
Les probabilités filtrées et lissées sont données graphiques 5.7 et 5.8. La volatilité de D oscille entre deux valeurs similaires à celles estimées dans l'équation univariée. Quoique légèrement moins importants, les changements de régime de la volatilité sont marqués, qu'ils se rapportent à S ou D. Les probabilités p_{11} et p_{22} sont très fortes, signalant une dichotomie claire des régimes. L'allure des probabilités lissées montre par ailleurs des changements de probabilités très « découpés » (comparativement en tout cas au cas précédent, cf. graphique 5.6), ce qui augure d'une conformation satisfaisante du modèle.

Graphique 5.7 : Probabilités filtrées, modèle bivarié 1960-1997

GA102 Tue Sep 15 14:05:43 1998

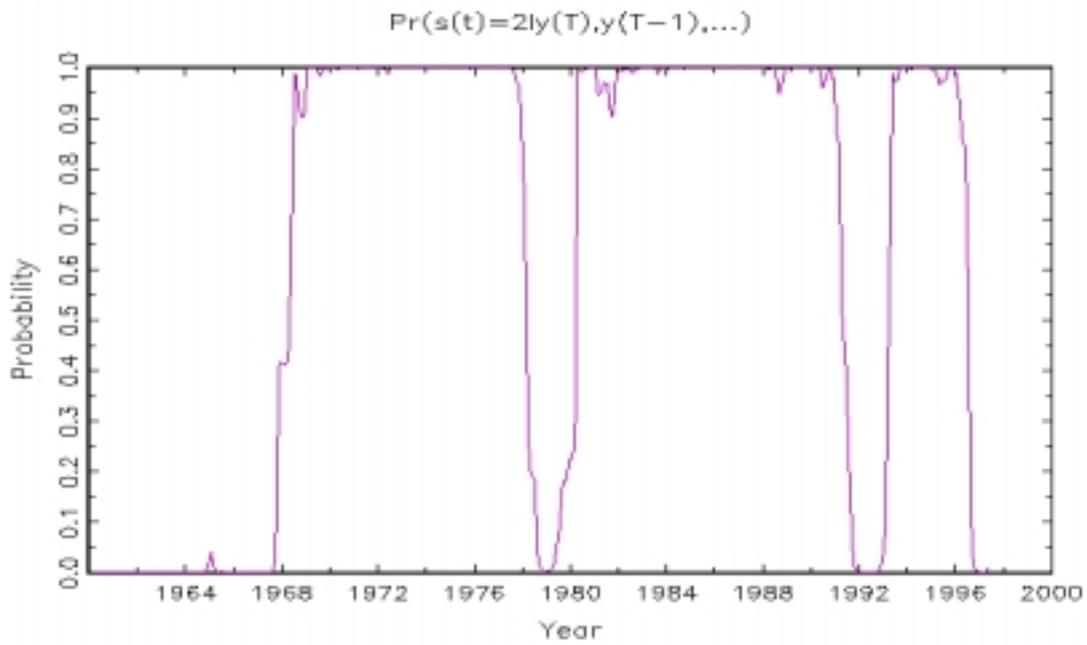


GA102 Tue Sep 15 14:11:12 1998

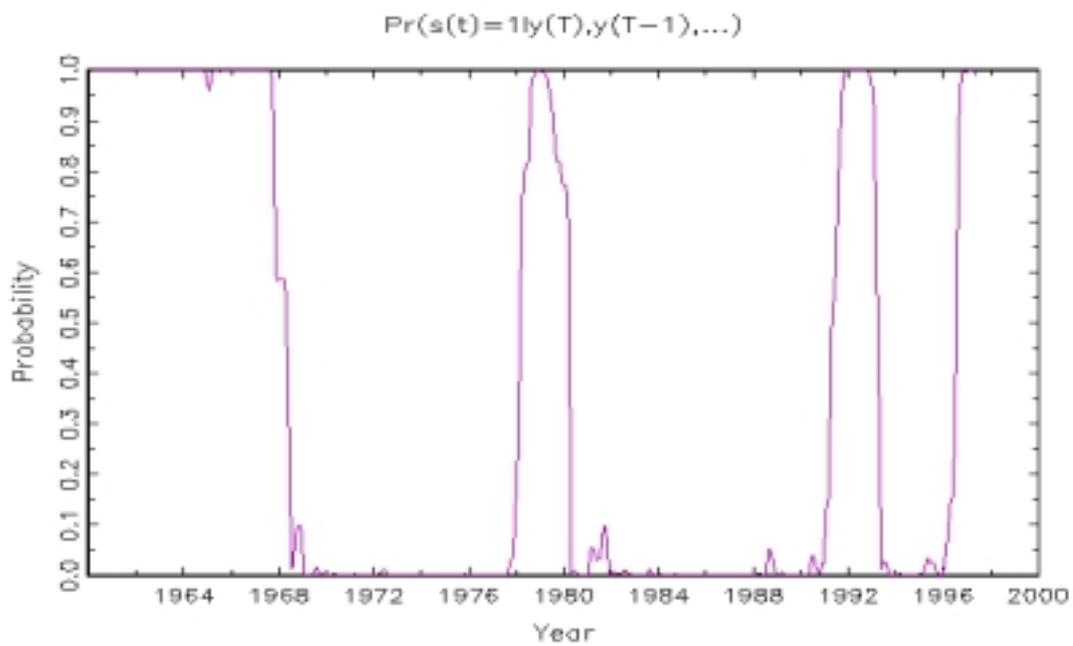


Graphique 5.8 : probabilités lissées, modèle bivarié 1960-1997

GAUSS Tue Sep 15 16:12:57 1998



GAUSS Tue Sep 15 16:12:14 1998



Le modèle d'un marché imaginaire à deux horizons est-il plus robuste et plus conforme à la réalité décrite par la chronique des prix du palme que ne l'est le modèle univarié? Les tests de spécifications sont menés (tableau 5.6), d'abord sur chaque équation – i.e. sur chaque ligne de [5.7] - considérée séparément (équation D, équation S) puis sur le système entier d'équations multivariées [5.7].

Tableau 5.6 : Tests de spécification, 1960-1997

1. Tests équation par équation

Equation	Autocorr	ARCH	Markov
D	0.9300	1.099	1.197
S		1.340	1.284 1.846

probabilités critiques

D	0.4463	0.3567	0.3113
S		0.2544	0.2756 0.1190

2. Equation [5.7]

Autocorr	ARCH	Markov
1.181	1.289	1.413

probabilités critiques

0.2799	0.1274	0.2079
--------	--------	--------

Pas d'autocorrélation, pas d'effet Markov de rang supérieur et surtout résorption de la volatilité stochastique (ARCH) ou volatilité inexplicée : le modèle décrit convenablement la suite des cours de l'huile de palme. On obtient la validation de l'hypothèse, purement gratuite pour l'instant, de changements de la volatilité produits par l'intrication de deux horizons d'échange entre 1960 et 1997. On montre que cette hypothèse n'est pas vérifiée sur toute l'histoire de la chronique.

2) Application à Dpalme, 1818-1997

Un modèle multivarié semblable à celui estimé sur la période 1960-1997 est estimé à présent sur la longueur totale de l'échantillon, de 1818 à 1997. Les résultats sont donnés ci-dessous.

Tableau 5.7 : Tests de spécification, modèle bivarié 1818-1997

1. Tests équation par équation

Equation	Autocorr	ARCH	Markov
D	1.657	3.348	6.002
S		0.9676	5.572 6.932
<i>probabilités critiques</i>			
D	0.1574	0.009653	8.415e-05
S		0.4241	0.0001843 1.530e-05

2. Equation [5.7]

Autocorr	ARCH	Markov
1.299	2.821	4.623
<i>probabilités critiques</i>		
0.1881	6.172e-08	0.0001123

Les résultats des tests sont à l'inverse de ceux obtenus sur la période 1960-1997 : les effets Arch sont extrêmement forts, le modèle d'autre part ne semble plus convenablement décrit par des chaînes de Markov de rang 1 (soit deux états), et ce, que l'on considère chaque équation S et D séparément ou le système multivarié dans son ensemble : un modèle à deux horizons ne décrit absolument pas convenablement le fonctionnement du marché de l'huile de palme depuis 1818 mais uniquement de 1960 à 1997. On accepte l'hypothèse d'un marché fonctionnant *actuellement* sur deux horizons d'échange, lesquels déterminent les changements *actuels* de la volatilité. Ce résultat correspond-il à une quelconque réalité ? Et dans l'affirmative, comment expliquer les

changements de la volatilité des années 1930 si la dichotomie des horizons d'échange ne l'explique pas ? Un autre déterminant est à l'œuvre : lequel ? Parce que les changements de régime au sens de Day coïncident aux changements de régime de la volatilité au sens de Hamilton dans notre série, on connaît une réponse possible : la *market extent* ou *market strength* : la taille du marché.

CONCLUSION

La similitude du comportement des cours boursiers ou obligataires avec celui des prix d'une matière première particulière, l'huile de palme, est en filigrane de ce travail : on trouve une telle similitude dans les propriétés statistiques (non normalité, absence de cycles réguliers, non linéarités) et dynamiques (chaos de dimension élevé, pertes de mémoire) des cours¹¹. Et par la transformation de l'horizon temporel en horizon géographique, on la retrouve dans la modélisation des changements de la volatilité. Le modèle bivarié présenté dans ce chapitre décrit en effet également le comportement du marché obligataire américain. On trouve par exemple chez Sola et Driffill (1994) des résultats de tests de spécifications analogues, avec, dans un modèle bivarié à changements de régimes, les variations à 3 et 6 mois des bonds du Trésor américain entre 1962 et 1987. L'horizon géographique d'échange étant dans ce cas remplacé par l'horizon temporel d'investissement.

Maintenant que les changements de la volatilité sont vérifiés et datés, que leur concomitance avec les changements de régime des prix est démontrée, l'intuition que nous avons formulée en introduction, à savoir que les déterminants des changements de régime expliquaient également les changements de la volatilité, trouve une première confirmation. On lui adjoint une confirmation empirique par l'étude historique du fonctionnement du marché depuis 1818, qui est l'objet de la seconde partie de ce travail.

¹¹ On s'en convaincra à la lecture de Kohers *et alii.* (1997), Chen (1996), Vilasuso (1996), Hsieh (1995), Barnett et Hinich (1993), Jaditz et Sayers (1993), Sang Bin Lee et Ki Yool Ohk (1992) parmi d'autres.

DEUXIEME PARTIE

Vitesse d'ajustement et taille de marché

La volatilité change, on en a daté les changements depuis 1818. Nous émettons l'hypothèse que la taille du marché et la vitesse d'ajustement déterminent les variations de la volatilité. Pour le vérifier, nous nous penchons sur la chronique du marché après avoir étudié, dans la partie précédente, la chronique des prix. Collecter des données éparses afin de reconstituer les échanges d'huile de palme depuis le début du XIX^e siècle et de pouvoir mesurer les « tailles » successives du marché, puiser à des sources originales comme le *Bulletin des Matières Grasses*, les publications de l'ancienne FAO (l'IIA, l'Institut International d'Agriculture) et divers bulletins coloniaux pour comprendre les motivations de l'échange, connaître les acteurs, leurs stratégies, forment la base de l'étude historique que nous présentons. Traduire les paramètres théoriques de taille et de vitesse était un préalable ; il n'allait pas de soi. Les sources littéraires et statistiques, aussi profuses soient-elles, ne permettent à elles seules une juste traduction de ces deux termes. C'est à la rencontre des intervenants actuels sur le marché, à Paris, Kuala Lumpur, Medan et Bombay, dont une interview synthétique occupe tout un chapitre, que nous la devons. Ces négociants, *brokers*, intermédiaires de l'échange ont peut-être lu dans leur jeunesse Walras ou Samuelson ; peut-être pas. L'ajustement dynamique walrasien dans tous les cas ne leur dit, en ces termes, à peu près rien. Tous pourtant ont suggéré la même idée, la même explication des inconstances de la volatilité. Les négociants transportent la marchandise d'un point à un autre de la terre. Ils ont chacun un territoire géographique de prédilection qu'ils travaillent à conserver. Ce territoire, parcouru par les vaisseaux dans un certain laps de temps, détermine l'horizon d'anticipation, l'horizon de projection dans le futur qui à son tour détermine la sensibilité aux variations de prix. Si une courbe d'achat/vente en fonction d'un prix

anticipé pouvait être tracée, nos entretiens soulignent combien elle serait différente selon qu'une distance, longue ou brève, sépare l'achat ou la vente de la livraison. Plus proche est l'échéance de livraison, plus rapide est l'ajustement aux variations, instantanée la réaction. D'autre part, l'abondance relative d'un produit sur un marché (une huile particulière sur le marché des corps gras) provoque à mesure qu'elle s'accroît un enchaînement similaire : l'huile abondante est recherchée en priorité et supporte les ajustements les plus rapides de la demande. C'est le second enseignement de nos rencontres avec les intervenants du marché.

Aussi essaierons-nous de connaître rétrospectivement les valeurs successives de la taille du marché et de la vitesse de réaction par l'identification du premier paramètre à la place occupée par l'huile de palme dans la hiérarchie des huiles commercialisées et l'identification du second paramètre à la distance, en semaines de bateaux, séparant l'offre de la demande d'huile de palme depuis cent quatre-vingts années. Les chocs (comme les chocs météo, les guerres, les innovations technologiques) ont un impact sur l'évolution des prix et leur dispersion, c'est entendu. Nous les recensons également sans jamais pouvoir affirmer qu'ils suffisent à expliquer les variations de la volatilité.

CHAPITRE 6

LIVERPOOL

A quelle date commence-t-on ? Le palmier à huile est africain ; une jare découverte dans une tombe à Abydos (3000 av; J.-C.) contiendrait rien moins que son huile (Raymond, 1961). Bien, mais -3000, ça fait « un peu loin ». C'est au compte-rendu du voyage de Ca' da Mosto (1435-60) sur la côte de Guinée que l'on doit la première mention écrite du palmier à huile (Crone, 1937). Son huile, alimentaire, possède «un parfum de violette, le goût de notre huile d'olive et une couleur qui marque la nourriture d'une teinte safran». Les voyages se poursuivent, les palmiers se trouvent aussi au Libéria ; l'huile (*azeite de palma*) est commercialisée près de la rivière Forcados au Nigéria ; ses fruits bientôt traversent l'Atlantique : ce sont les esclaves qui les emportent vers l'Amérique. Bien que de très faibles quantités d'huile de palme fussent importées en Angleterre en 1588 et en 1590, les premiers enregistrements sérieux datent de 1790 (environ 130 tonnes)¹. Son nom actuel, *Palm Oil*, remplace la terminologie latine *oleum palmae* au tournant du XVIII^e siècle en Grande-Bretagne ; en 1804 on ne la rencontre plus (Hartley, 1967 : 7). On retient 1790 comme date d'origine du commerce international de l'huile de palme.

Rappelons le contexte économique, celui de la révolution industrielle britannique. S'il fallait résumer la révolution industrielle en une phrase, on citerait Bairoch *in extenso* lorsqu'il affirme qu'un accroissement continu de la productivité agricole a suscité un accroissement de la demande de biens de consommation, et notamment de produits textiles, et que conjointement à la demande de fer émanant du secteur agricole, à la suite de la suppression de la jachère et de l'augmentation des travaux de labour, «l'innovation technique capitale pour la sidérurgie (à savoir

l'utilisation du charbon à la place du bois comme combustible de base pour les hauts fourneaux) a pu être introduite et se généraliser très rapidement, ouvrant la voie aux nombreuses inventions techniques qui ont permis la révolution industrielle ». (Bairoch, 1992 : 68). On rappelle que le taux de croissance moyen de la production industrielle britannique passe d'une estimation d'environ 0,7% entre 1700 et 1760 à 1,2% entre 1760 et 1800 jusqu'à une apogée dans les décennies 1820-1830 (3,5%) avant de connaître une décélération dans le derniers tiers du XIX^e siècle, période durant laquelle un processus de rendement décroissant est à l'oeuvre qui ne sera contrecarré que bien plus tard, lors de la très haute croissance de l'après deuxième guerre mondiale (Verley, 1997). Au simple examen du taux de croissance une périodisation semble possible : une première industrialisation, dont les racines remontent loin dans le XVIII^e siècle, commence à se manifester à partir des années 1760. Dans la première moitié du XIX^e siècle elle s'étend aux USA et à un ensemble de pays ou plutôt de régions européennes. Puis le dernier tiers du siècle est occupé au reclassement hiérarchique des pays européens, à l'extension de l'industrialisation des pays lointains en Asie, en Amérique latine, qui en démarrant la filature mécanisée du coton, commencent dans les années 1890 à substituer leur production nationale aux importations européennes : c'est la seconde industrialisation. La succession des innovations sous-jacentes est rappelée par Caron (1997) : la première révolution est marquée par les innovations que sont la mécanisation des industries textiles, la machine à vapeur, la sidérurgie au coke et la chimie de la soude ; la seconde par l'électricité, la chimie organique, le moteur à explosion.

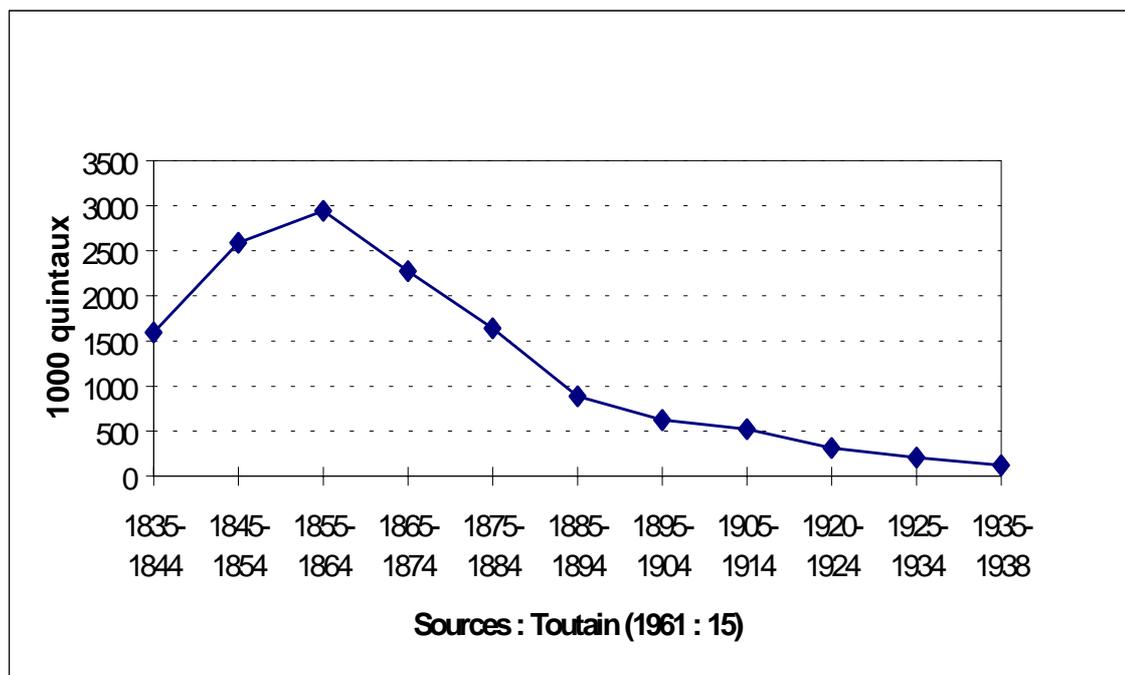
L'histoire du commerce international des huiles végétales est intimement liée à celle de la première révolution industrielle. Par les effets de la révolution industrielle sur les oléagineux domestiques, que l'on remplace par du gaz et des huiles minérales dans l'éclairage et la lubrification ; dans un deuxième temps par la création d'une forte demande du secteur de la savonnerie, que les oléagineux tempérés, dont les surfaces régressent à cause du manque de débouchés dans les secteurs traditionnels de l'éclairage, sont incapables de combler.

Les oléagineux tempérés au tournant du XVIII^e siècle (colza, lin, navette, pavot, oeillette, olive, noix) sont en effet, à l'exception de l'oeillette et de la noix au nord de la

¹ Hartley (1967).

France et de l'olive au sud, des oléagineux « techniques ». Ainsi en France pendant les trois premiers quarts du XIX^e siècle, « les huiles végétales entraient pour environ 2/3 dans la fabrication de savons ; à partir de la fin du XIX^e siècle, cette proportion baisse de façon continue [...] » (Markovitch T., 1966 , AF 6 : 15 et ss). Hormis la savonnerie, les huiles végétales européennes servent à l'éclairage de ville et à la lubrification des machines (colza) ; à la fabrication de vernis (lin) ; à l'alimentation enfin (huile d'olive presque exclusivement), le beurre, le lard, le saindoux leur étant dans ce domaine largement préférés. Les estimations de Toutain (1971) de la consommation alimentaire en France entre 1780 et 1820 montrent qu'environ 40% de l'alimentation en corps gras étaient assurés par le beurre, 33% par les graisses diverses et 27% par des huiles, sans que l'on ait le détail de la part occupée par l'huile d'olive que l'on sait « énorme ». Le remplacement des huiles végétales, principalement le colza, dans l'éclairage urbain par le gaz naturel dont l'usage se généralise à partir des années 1820 à Londres et des années 1830 à Paris, puis l'apparition des huiles minérales dans les années 60 réduit considérablement la production oléagineuse des pays industrialisés (comme la France, graphique 6.1). Le minéral chasse le végétal.

Graphique 6.1 : Production oléagineuse métropolitaine, France 1835-1938



La disparition des huiles végétales dans le secteur de l'éclairage (un vestige en témoigne : *Le pont au change* de Corot au musée Carnavalet), et l'augmentation de la demande de corps gras dans la savonnerie, vont laisser à la disposition et à l'imagination des industriels le suif en Angleterre, l'huile d'olive à Marseille, qui sont jusqu'au milieu du siècle les composants essentiels en savonnerie. Mais, en Angleterre, où la demande dans les grandes villes industrielles excède l'offre, grâce à une série d'innovations sur laquelle nous revenons maintenant, les savonneries vont être capables de substituer au suif l'huile de palme bon marché que leur fournissent les anciens vendeurs d'esclaves africains, mis officiellement hors d'activité par la suppression de l'esclavage en 1807. La guerre de Crimée, en faisant flamber en 1854 les cours du suif russe, précipitera les substitutions en Grande-Bretagne et ouvrira la voie à un commerce intense d'huiles tropicales. Le tropical chasse l'animal.

Le XIX^e siècle amorce en somme le temps des substitutions, du minéral au végétal, du tropical à l'animal, substitutions dont on peut dater l'origine aux années 1820 et qui se stabilisent dans les années 60 avec l'exploitation des oléagineux tropicaux et le renoncement à toute production domestique, jusqu'au premier conflit mondial qui ouvrira l'ère d'une nouvelle disette d'huiles, disette alimentaire cette fois. Elle mettra en concurrence le tropical et le végétal, les huiles du sud et les oléagineux du nord, inaugurant de nouvelles modalités et motivations d'échange.

I) A l'origine de l'échange : Leblanc et Chevreul

La croissance des importations d'huile tropicales à partir de 1820-30 repose sur la diffusion, dans l'industrie de la savonnerie, d'un procédé inventé quelque 40 ans plus tôt en France pour un tout autre domaine, celui du blanchiment du textile. Grâce au procédé Leblanc (1793) et à l'isolement par Chevreul (1823) des acides butyrique, caprylique, et surtout oléique et stéarique, le savon, obtenu traditionnellement par un mélange de suif (nord de l'Europe) ou d'huile d'olive (Marseille) et d'alcali (soude de cendre), allait accueillir des huiles végétales de qualité médiocre, acides, comme l'huile de palme ou l'huile de coco.

La fabrication des textiles est en pleine expansion à la fin du XVIII^e siècle et

réclame des quantités toujours plus importantes d'agents de blanchiment, de mordants, de détersifs. Comme l'écrit Landes (1975 : 154), « [i]l n'y eut pas assez de prés à bas prix ni de lait tourné à l'aigre dans toutes les Iles Britanniques pour blanchir le drap du Lancashire, du jour où le *water-frame* et la *mule* remplacèrent le rouet ; et il aurait fallu des quantités inimaginables d'urine humaine pour dégraisser la laine brute consommée par les fabriques du West Riding ». Il y eut des idées et grâce à elles, la création d'une série de composés chimiques qui allaient entraîner le remplacement des matières premières animales par des matières premières végétales, puis la substitution de matières premières organiques par des matières inorganiques. La première innovation fut l'obtention et l'utilisation du chlore, redoutable agent de blanchiment. Trop corrosif à l'état brut, on lui préféra l'eau de Javel, inventée en France en 1796. Ou la poudre à blanchir, obtenue en imprégnant de la chaux éteinte avec du chlore, dont le brevet fut déposé un an plus tard par Charles Tennant.

La seconde série d'innovations concerne les alcalis. Indispensables à la fabrication des textiles, ils allaient connaître eux aussi leur révolution. On en utilisait deux types au XVIII^e siècle : le carbonate de potassium (« potasse ») et le carbonate de sodium (« soude »). Les premiers, « combinés avec du suif ou quelque autre graisse animale, donnaient du savon mou, dont on se servait surtout dans l'industrie lainière pour le dessuintage et le foulage » (Landes 1975 : 156). Mélangés à du sable, ils donnent également du verre ; ils servent au blanchiment et au nettoyage des draps, assouplissent le cuir. Ils n'ont qu'un défaut : leur offre est contrainte par les disponibilités en cendre de bois nécessaire à leur préparation. Le bois d'œuvre manque en Angleterre. On l'importe d'Amérique. La demande est forte. Son prix double entre 1780 et 1815.

L'alcali de sodium, proche substitut, est employé dans la fabrication de savons durs (*hard soaps*) et de savons coagulés (*curd soaps*). Il est obtenu lui aussi à partir de cendres de plantes brûlées, importées d'Espagne et des Canaries, ou provenant des algues d'Ecosse et d'Irlande. L'offre est limitée ; les guerres napoléoniennes restreignent les importations. L'industrie textile ne peut cependant s'en passer. La solution provient d'une substitution, le minéral remplace le végétal, un minéral abondant : le sel. Nicolas Leblanc met au point le procédé qui recevra son nom en 1793. Invention capitale. Le sel dans un premier temps est converti en salignon (sulfate de sodium) grâce à l'acide sulfurique, ensuite la combustion du salignon en mélange avec du charbon et du carbonate de calcium (du calcaire) produit la soude. En 1808 la

production commerciale commence en France. En 1814 en Angleterre. L'impôt sur le sel retarde à 1823 son ample diffusion. De quelques centaines de tonnes à cette date, la production de soude synthétique atteint 140 000 tonnes trente ans plus tard en Grande-Bretagne. Les rives de la Mersey, et leur dotation abondante en charbon, sel et réseaux de voies navigables, accueillent l'industrie de la soude et son parent, l'industrie de la savonnerie. La pureté de la soude Leblanc permet aux industriels d'intégrer des huiles végétales acides qu'autrement ils n'auraient pu saponifier. « [L'] encouragement que la production massive de produits chimiques donnait aux autres branches de l'industrie n'était qu'en partie fonction de l'offre et du prix des produits eux-mêmes. D'une part, la disponibilité de composés relativement purs permettait d'adopter des matières premières nouvelles qui autrement n'auraient pas été susceptibles de traitement. C'est ainsi qu'ayant obtenu une cendre de soude plus pure, on put fabriquer du savon avec de l'huile de palme au lieu de graisse animale. L'importance de la chose saute aux yeux : la demande de graisses augmentait encore plus vite que la population, et les sources traditionnelles étaient relativement peu élastiques ; au milieu du siècle, les huiles végétales entraient dans la nourriture, les chandelles et les lubrifiants aussi bien que dans le savon. » (Landes, 1975 : 160). Etayons ce constat. Entre 1801 et 1831, la consommation apparente de savon en Grande-Bretagne augmente à un rythme trois fois supérieur au taux d'accroissement de la population (tableau 6.1). La décennie suivante, la croissance de la consommation est plus du double de celle de la population. « *People began to take washing seriously* » commente, pince-sans-rire, Hartley (1967).

Tableau 6.1 : consommation apparente de savon par tête en Grande-Bretagne 1801-1861

	Conso / tête (kg)	Croissance population	Croissance Consommation
1801	1.54		
1831	2.39	1801-31 : 28 %	1801-31 : 98 %
1841	3	1831-41 : 25 %	1831-41 : 59%
1861	3.6	1841-61 : 20 %	1841-61 : 41%

Source : Wilson (1954)

Confrontée à une demande en forte croissance, l'industrie de la savonnerie à partir des années 30 commence à tirer partie à grande échelle des avantages apportés par le procédé Leblanc. Le suif est d'abord remplacé par le palme ; puis par la coco ; enfin par l'huile de palmiste comme le récapitule le tableau chronologique 6.2 :

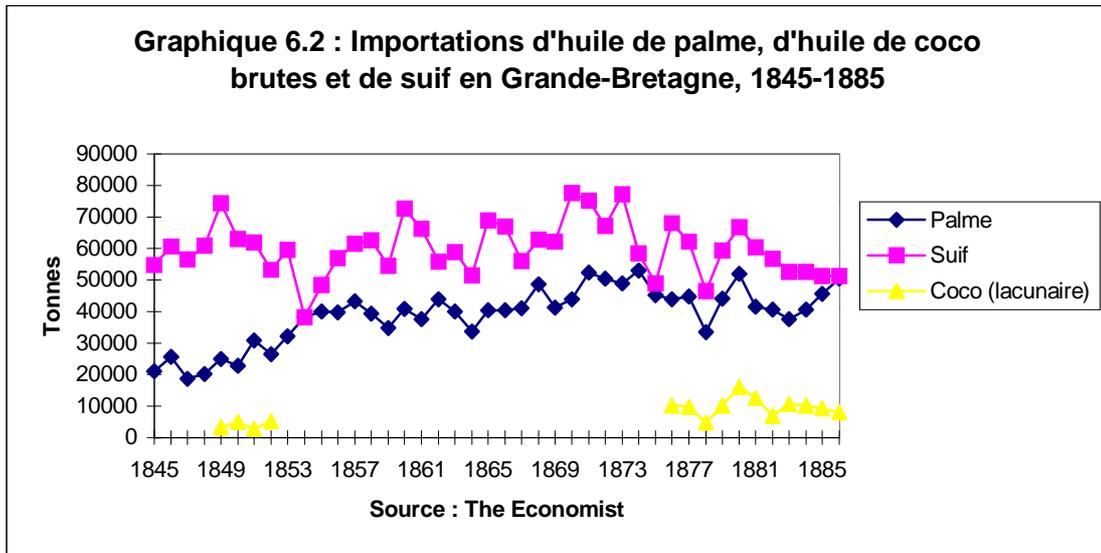
Tableau 6.2 : Innovations I (XVII^e siècle - 1860)

Années

XVII ^e	La presse à pilon est inventée en Hollande. Introduction des meules tournantes dans les huileries hollandaises.
XVIII ^e	Apparition en Europe de l'huile de coco
1793	Procédé Leblanc
1795	Premier brevet de presse hydraulique en Angleterre (J. Bramah)
1814	Diffusion du procédé Leblanc dans la savonnerie britannique
1820	Premières utilisations commerciales de l'huile de coco
1823	<i>Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale</i> par Chevreul
1834	Mise au point d'un procédé de décoloration de l'huile de palme (rouge)
1837	Premières utilisations de l'huile de palme dans la savonnerie à Marseille
1840'	Utilisation de l'huile d'arachide dans la savonnerie en France
1841	R.L. Sturtevant dépose en Grande-Bretagne le premier brevet de fabrication du savon à partir d'huile de coco
1842	W. Tindall dépose un nouveau brevet d'extraction d'huile de coco
1850	Premières exportations de palmiste
	Diffusion complète du procédé Bramah dans les grandes huileries françaises
1852	Introduction de l'huile de palme décolorée en savonnerie (Marseille)
1860'	L'huile de palmiste pénètre les marché britannique et français de la savonnerie

Sources : Bulletin des Matières Grasses ; IIA ; Wilson (1954) ; Hartley (1967) ; Stuyvenberger (1969).

Deux événements vont augmenter l'attrait de l'huile de palme comparativement au suif et accélérer sont intégration dans les procédés de fabrication du savon où les quantités de suif utilisées plafonnent (graphique 6.2). La guerre de Crimée fait d'abord flamber en 1854 les cours du suif russe. Les manufacturiers se tournent vers des produits moins onéreux, ainsi de William Gossage, de William Gossage & Sons, qui parvient à obtenir un savon bon marché à partir d'un mélange d'huile de palme et de soude (Wilson, 1954 : 11).



Pendant ce temps le premier territoire d'exportation d'huile de palme en Afrique, Lagos, connaît sa première rébellion d'envergure. Le souverain de Lagos, Kosoko, s'oppose à toute coopération avec le consul britannique qui exige l'arrêt des exportations d'esclaves. Lagos est bombardée par la flotte britannique en 1851 ; Akitoye, rival de Kosoko, est installé au pouvoir par les Anglais ; il renonce au trafic illicite d'esclaves. Il doit pour assurer ses revenus, s'accommoder des maigres droits prélevés sur l'exportation d'huile de palme. Dix ans plus tard, en 1861, pressés par la menace d'une annexion française et par la nécessité de diversifier les sources d'approvisionnement en coton du marché nord américain, les Britanniques persuadent les descendants d'Akitoye de leur céder leur territoire en échange d'une pension versée en dédommagement de l'annulation de tous leurs revenus dans le commerce de l'huile de palme dont l'essor dorénavant permettra de répondre à la demande de l'industrie britannique des savons et des bougies (Fieldhouse, 1973). En moins de dix ans, Lagos s'affirme comme premier fournisseur régulier de l'Empire britannique.

II) L'offre d'huile de palme au XIX^e siècle

L'huile de palme était échangée en faibles quantités avant que les savonneries du Mersey n'en réclament l'approvisionnement régulier. Latham (1986) a montré qu'au XVIII^e siècle les voiliers de Liverpool, chargés du sel de Cheshire, échangeaient leur cargaison contre de l'huile de palme et des esclaves à Calabar, premier port huilier africain ; et qu'après un long bord vers l'Amérique où ils débarquaient les esclaves, les navires regagnaient Mersey et déchargeaient l'huile. Lorsque l'Angleterre déclare le commerce d'esclaves illégal en 1807 et dépêche une flotte au large des côtes africaines chargée d'arraisonner tout navire contrevenant l'interdiction, l'échange de sel et d'huile ne cesse pas pour autant. John Tobin, négociant de Liverpool, dont il deviendra maire en 1819, intensifie au contraire l'échange : « *John Tobin and the other Liverpool traders seem to have recognised that all the salt which had been taken out to Calabar in small amounts on each of the many slave ships could now be bulked and carried out on a few ships. [...] Transport costs were reduced by ships sailing direct between Liverpool and Calabar without any need to go to the West Indies.[...] Tobin and the others had been slave traders and were looking for ways to use their knowledge of the African trade to find new outlets for their capital.* » (Latham, 1986 : 268-269). On en a dit les motifs : « *Demand for oil in Britain was increasing, and was to go on growing throughout the century, not so much as an industrial input as for soap and candles, although some was used for lubrication* » (Latham, 1986 : 269). Une anecdote : Tobin est emballé à ce point par l'huile de palme qu'il explique à Walter Scott, dans une lettre, que l'huile lui sert pour l'éclairage de sa nouvelle maison². La hausse des prix qui suit l'achèvement des guerres napoléoniennes étend le commerce de l'huile de palme aux régions voisines de Calabar. On l'exporte depuis la rivière Bénin autant que de Bonny et Calabar, régions que l'on nomme alors, les *Oil Rivers* (Stilliard, 1938 ; Dike, 1956). Au fil des années, Bonny, dans le delta du Niger, va éclipser Calabar. Comme à Calabar, on n'y charge plus des esclaves, mais de l'huile. Waddell, missionnaire à Bonny, écrit en 1846 : « *By its safe and extensive anchorage, its proximity to the sea and connexion with the great rivers of Central Africa, Bonny is now the principal seat of the palm oil trade as it was formerly of the slave trade* » (Waddell, 1863).

² Lettre de John Tobin à Sir Walter Scott, 19 jan 1824, National Library of Scotland, Edinburgh. Cité par Latham (1986).

Comment procédait-on ? Le palmier à huile n'est pas une culture de plantation : elle mettra un siècle à le devenir. Les hommes coupent les régimes ; les femmes et les enfants font bouillir les fruits qu'ils foulent et pressent afin d'en tirer l'huile. « [...] *the palm produce trade and the slave trade were not the central activity of the economy, but the surplus level, which enabled people to acquire European goods and luxuries* » (Latham, 1986 : 273). La vente se fait par des réseaux organisés africains (les *Brassmen* des Oil Rivers) ou des intermédiaires, véritables brokers, indépendants ou à la solde d'un roi. L'économie de l'huile, comme son antécédent l'économie de la traite, est décrite comme une économie de marché : « *On reflexion, it seems that capitalism and the market economy are synonymous terms, and both are applicable to the pre-colonial Cross River* » (Latham, 1986 : 279). L'huile de palme devient le produit refuge d'un commerce dont le premier principe, la traite, est frappé d'illégalité dans la lettre et très rapidement dans les faits. Les importations britanniques triplent dans les années 1820, doublent dans les années 1830. 20 000 tonnes d'huile de palme sont importées en moyenne chaque année de la décennie 40 en Angleterre (tableau 6.3).

Tableau 6.3 : Moyenne annuelle des importations britanniques d'huile de palme

	1790	1807-20	1820-30	1830-40	1840-50	1850-60
1000 T	130	1200	6000	13000	20000	35000

Sources : Bulletin des Matières Grasses ; Hartley (1967) ; Latham (1986).

«[...] Le commerce de l'huile de palme, développé seulement à partir du milieu du siècle au Dahomey, avait déjà centuplé de 1800 à 1850 sur le reste de la côte occidentale d'Afrique, vers le marché britannique du savon, des bougies à la stéarine et des lubrifiants industriels » (Schnapper, 1961 : 121-2). Il semble que la contractualisation de long terme n'ait concerné que Régis, négociant de Marseille, et guère les négociants de Liverpool : « on a insisté [...] sur l'influence déterminante de l'initiative d'un négociant français, Régis, qui obtint en 1843 du roi Ghézo l'autorisation de s'établir dans l'ancien fort français de Ouidah. » rappelle Coquery-Vidrovitch (1971). Régis, le premier à utiliser le nouveau procédé chimique de décoloration, qui en permettant en 1852 la fabrication d'un savon blanc et non plus jaune, ouvre à l'huile de palme le marché français. Il signe en 1851 un traité avec le roi du Dahomey lui assurant un monopole virtuel jusque vers 1890. Il reste une exception : « [...] *palm produce was supplied from a capitalist market economy on the Cross River. It was supplied to the*

obviously capitalist market economy in Europe. There the price of palm oil was determined. The suppliers of oil may have felt that they had some power to control prices, but [...] it was the interaction of international supply and demand for [...] various oils which really determined price levels » conclut Latham (1978b). Or en Angleterre, c'est le suif, produit à tout faire, qui continue de diriger le marché.

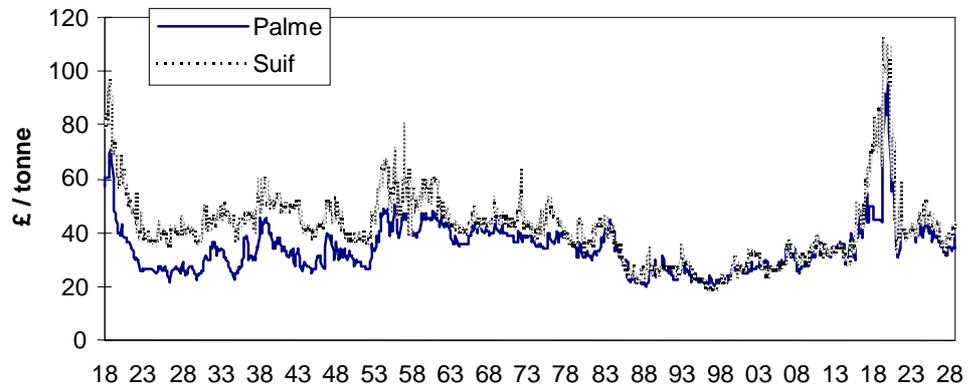
La montée du palme n'est pas suffisante pour chasser son rival des savonneries qui importent du suif à partir de la seconde moitié du siècle, du Brésil, d'Australie, d'Argentine puis des Etats-Unis.

Le contexte douaniers des années 1850-1860, contexte d'un abaissement général des barrières internationales, est sans effet sur l'huile de palme : elle est depuis la suppression de l'esclavage exemptée de taxes. La taxe à l'importation du suif en Grande-Bretagne n'est supprimée qu'en 1859. L'élimination ou la réduction des restrictions et impôts qui pesaient sur le trafic des voies fluviales internationales, telles que le Danube (1857), le Rhin (1861), l'Escaut (1863), l'Elbe inférieur (1861), l'Elbe supérieur (1863 et 1870), le Sund danois et les détroits qui font communiquer Baltique et mer du Nord (1857) vont de surcroît déboucher sur une circulation plus intense en Europe continentale et vers la Russie. Le suif, peu cher, tient le rôle d'arbitre à Liverpool dans l'industrie non alimentaire. Les volumes croissants d'huile de palme qui arrivent sur le marché britannique après les années 1820 vont créer une multiplication d'arbitrages entre ces deux produits, et au total, une intégration parfaite de leurs prix dont les niveaux se rejoignent dans la décennie 1860 (graphiques 6.3 et 6.4).

III) La demande d'huile de palme au XIX^e siècle

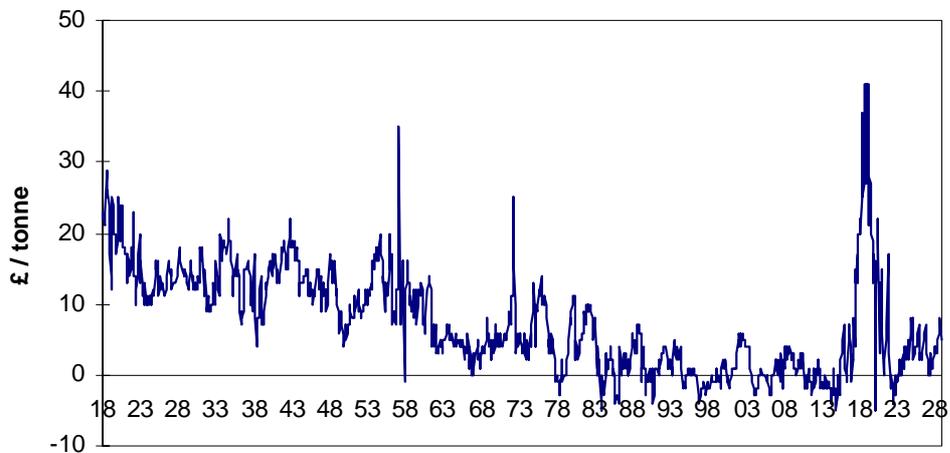
Considérée sous le seul angle de la demande, l'organisation du marché ne changera pas depuis les années 20-30 jusqu'aux premières perturbations que provoqueront l'arrivée sur le marché de la savonnerie de Lever durant la décennie 80, et surtout, la saturation du marché dans les années 1920.

Graphique 6.3 : Convergence des prix du suif et du palme en Angleterre, 1818-1928



Sources : Liverpool Mercury ; The Economist

Graphique 6.4 : Convergence vers 0 de l'écart de prix suif-palme en Angleterre, 1818-1928

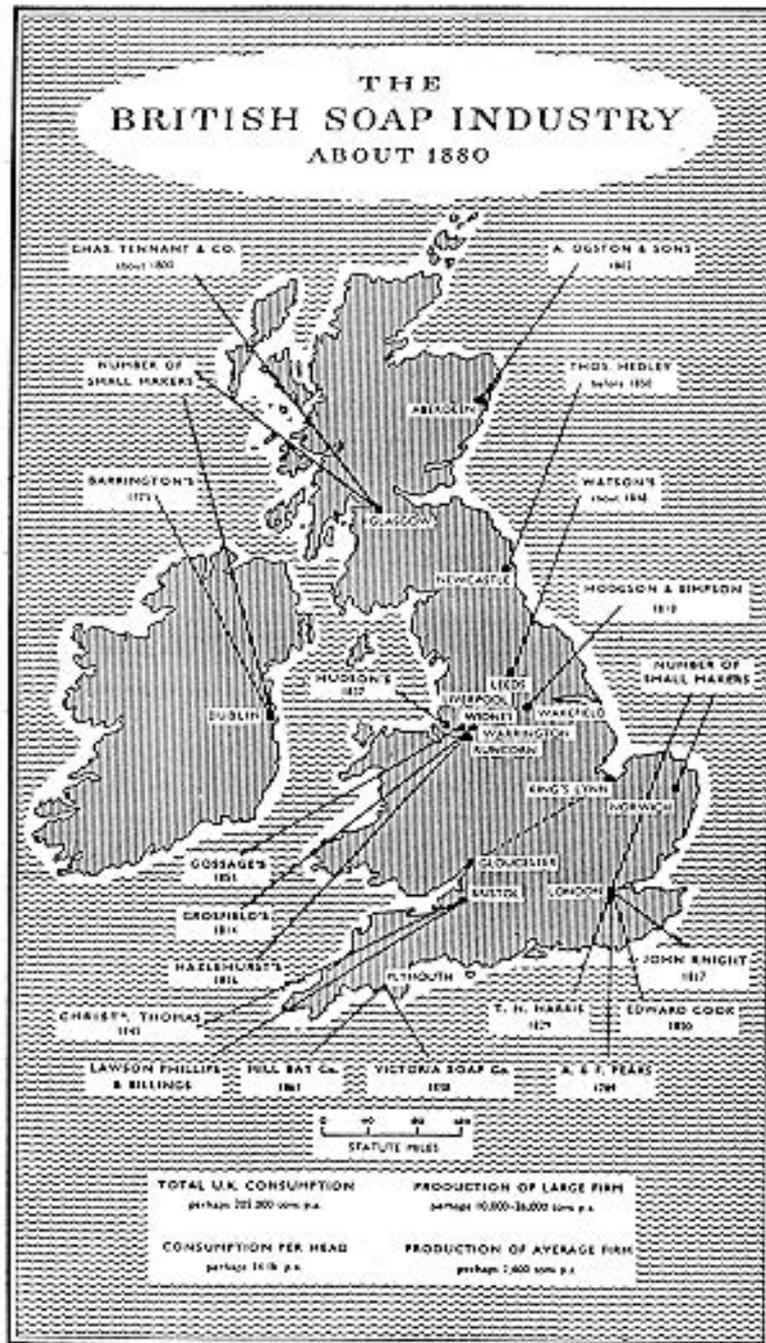


Sources : Liverpool Mercury ; The Economist

depuis Liverpool. L'industriel Gossage, à titre d'exemple, charge en retour ses voiliers de savons qu'il exporte en Afrique, en Inde et en Chine. Hormis Gossage, les grands industriels du milieu du siècle sont Crosfield's, Knight et son « *Royal Primrose* » dont les premières publicités apparaissent en 1844 dans le *Times*, Pears qui en 1886 détournera les *Bulles* de Millais pour vanter les mérites de son « savon transparent » dont H.G. Wells confirmera plus tard qu'il a marqué son temps : « *The great firm of Pears in those days had already trust an individuality upon soap. Pears' soap marks an epoch : I hope history will not neglect it* »³. La particularité du secteur de la savonnerie en Angleterre au XIX^e siècle est que chaque industrie approvisionne une partie du territoire national, sur laquelle elle exerce un monopole, délimitée par une série conventions et d'accords avec les autres industries selon lesquels, en vertu de l'idée que l'approvisionnement du marché au meilleur prix ne peut être le fait que de l'industrie la plus proche, nul ne peut prétendre accéder à un marché qui ne soit pas déjà le sien. Thomas' de Bristol signe ainsi un accord privé (*private treaty*) avec Gossage qui sépare les zones d'influence des deux manufacturiers le long d'une ligne Birmingham, Bristol, Severn à l'ouest et Wash à l'est de l'Angleterre (Wilson, 1954 : 20). La concurrence est absente, chaque industrie conserve son ère d'influence et survit sans peine. Des industries en place en 1880, la quasi totalité a été fondée avant 1850 (carte 6.1). C'est cette structure tranquille que William Hesketh Lever, imprégné du *Self Help* de Smiles, vient rompre à partir de 1885 en ouvrant sa première usine à Warrington.

³ Cité par Wilson (1954).

Carte 6.1 : L'industrie de la savonnerie en Grande-Bretagne vers 1880



Source : Wilson (1954)

Lever (1851-1925) à l'origine n'est pas fabricant. Ses produits proviennent d'un grand nombre de manufacturiers (dont Gossage's) ; seulement ils sont estampillés d'une marque, *Sunlight*, sa marque, et non plus du nom du fabricant. Le Trade Mark Act britannique de 1875 lui a donné l'idée de singulariser ses savons. Il souhaite les vendre sur le territoire entier, briser les barrières imposées par Gossage's et consorts. Sa première arme est la publicité, publicité du produit mais aussi d'un procédé, le mélange :

NO SINGLE MANUFACTURER is equally successful in the boiling of every soap he makes : some being noted as the best makers for Pale soap, others, again, as the best for Mottled and so on through each variety.

BY SELECTING ONLY THE BEST SOAPS from each maker, we present a uniformity of quality, under 'Sunlight' Brand, obtainable from no individual maker in the United Kingdom.

(paru dans *Lancashier Grocer*, cité par Wilson, 1954)

La dépression du milieu des années 70-80, marquée par la chute des prix des matières premières (graphique 6.5) et une augmentation de l'offre de travail mise en disponibilité par les licenciements survenus dans le secteur textile, l'incite à passer du stade d'épicier (*grocer*) à celui de manufacturier. Il ouvre avec son frère, en 1885, sa première usine de savon à Warrington. La première formulation est à large base d'huiles végétales :

Tableau 6.4 : Première formulation du savon Sunlight de Lever

	%
Huile de palmiste	46
Huile de coton	44
Suif ou palme	3
Résine	7

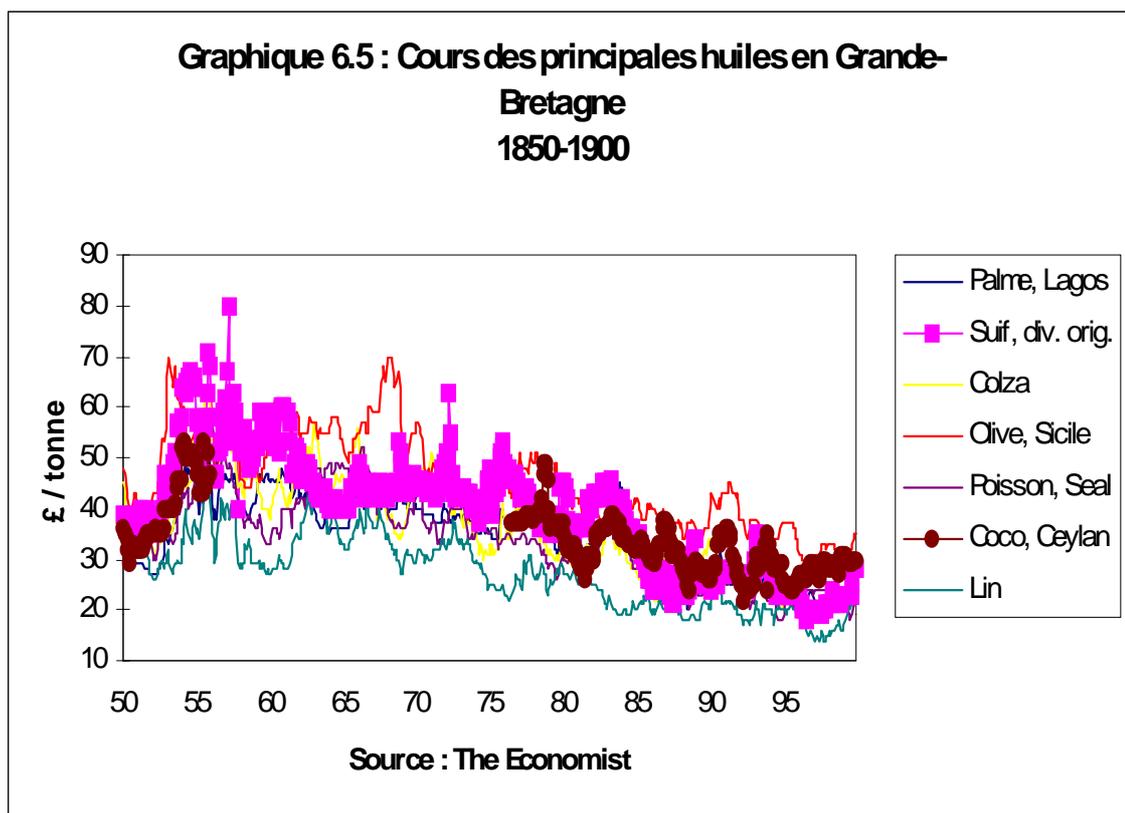
Source : Wilson (1954)

L'huile de coton provient des graines de coton égyptiennes. La difficulté d'utiliser le savon en lessive à cause de la trop forte proportion d'huile de coton le conduit à remplacer en partie cette huile par du suif ou du palme. La formule devient la suivante, elle évoluera peu :

Tableau 6.5 : Seconde formulation des savons Sunlight de Lever

	%
Huile de coco ou palmiste	41
Suif ou palme	24.8
Huile de coton	23.8
Résine	9.5

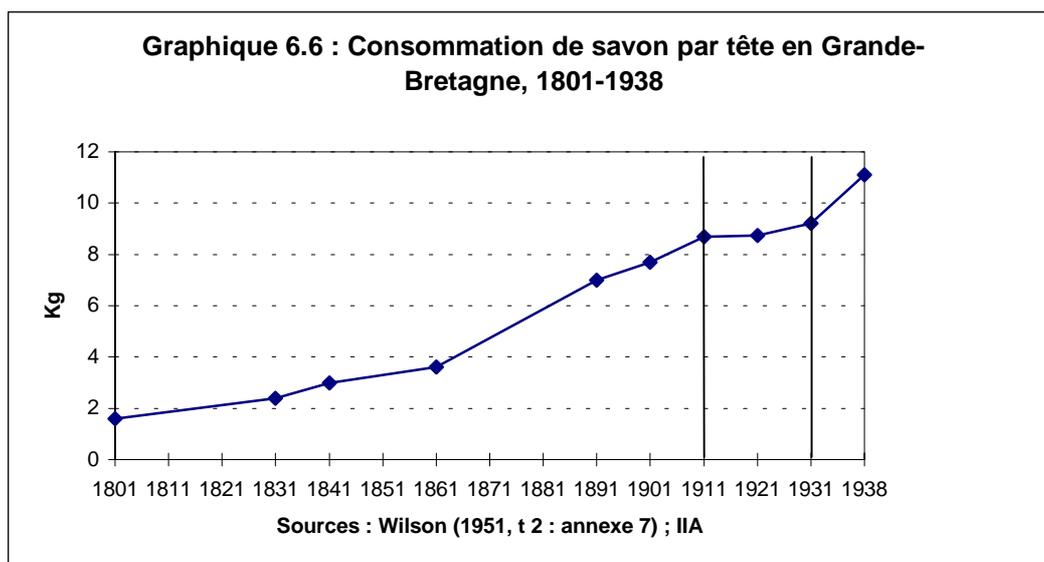
Source : Wilson (1954)



Publicité, standardisation, *labelling*, et l'usage forcené de loteries ouvertes au possesseurs d'emballages de savon Sunlight, vont fidéliser la demande de savons Lever sur tout le territoire britannique : « *By 1888 it was clear that the old structure of the British soap market with its traditional partition among local makers was a thing of the past. Lever had deliberately set out to establish a national market by national advertising and where he had led others were doing their best to follow* » (Wilson, op. cit. : 62). Mais le marché n'est pas extensible à l'infini. En 1889, les premiers signes de saturation apparaissent. « *By 1889 it began to appear to members of the Soap Makers' Association that the supply of soap had overtaken demand.* » (Wilson, op. cit. : 62). Il faudra attendre la première guerre mondiale, et la réquisition de glycérine par l'Etat, pour que l'industrie de la savonnerie retrouve une croissance égale à celle des années 70 et 80.

La consommation de savon (*the first commodity on the grocer list to be cut*, pour citer Lever) connaît en effet des cycles similaires à ceux de l'activité : elle est d'après Lever florissante jusqu'aux années 80 et stagne ensuite, jusqu'à la première guerre mondiale (1896 et 1901 sont les deux années d'avant guerre durant lesquelles les ventes de Lever reculent par rapport à celles de l'année précédente). Un examen rétrospectif plus attentif montre que le ralentissement de la consommation apparente de savon par tête en Grande-Bretagne survient en réalité beaucoup plus tard. La saturation du marché et l'atonie de la demande s'observent précisément entre 1911 et 1931 : la dynamique de la demande non alimentaire, soit la quasi totalité de la demande d'huile de palme, est alors rompue pour des raisons très probables de stagnation du pouvoir d'achat (graphique 6.6).

Les prix sont fixés par le pool de la Soap Makers' Association. « *All one can say is that the frank recognition that price fixing was amongst the primary aims of association is a measure of the distance the soap trade had moved away from the principles of « perfect competition since 1867* » (Wilson : 66). « [...] *the Soap Makers' Association is doing good work [...] and the mere fact that prices have been maintained is a proof, I believe, that although trade may be dull and many of us are not doing absolutely the trade on a more remunerative basis than we were. [...] Now, whether the market letter moves up or down, the price of soap pursues the even tenor of its way.* » (H.S Timmis, de Gossage's, lors du meeting annuel de la Soap Makers' Association de 1905).



L'incapacité de l'Association à maintenir efficacement les prix lors des crises de 1901 et 1906 et son attachement à un vieux produit, le savon en barre, au détriment des produits nouveaux (*washer soaps*) chéris par Lever, poussent ce dernier à démissionner et à chercher dans les économies d'échelle (*combines* : fusion et concentration, de 1906 à 1913) la solution aux « problèmes majeurs que sont l'approvisionnement et les fluctuations de prix » (Lever, cité par Wilson, 1954). Les années d'immédiate avant-guerre sont, reconnaît Lever, celle d'un « ajustement » du marché : « *it became clear that this was no temporary dislocation but was likely to be a permanent adjustment of conditions in the oils and fats market. For the fact was that the demand for oils and fats for the manufacture of food had risen sharply. As refining processes improved, fats that had previously gone to the soap maker - tallow, coconut, cottonseed oil - were going to the manufacturers of margarine and compound lard. In short, it seemed, world consumption of oils and fats had overtaken the world supply* » (Wilson, 72-73). L'industrie alimentaire réclame des corps gras végétaux que l'industrie de la savonnerie, en panne, doit acheter au prix fort. La guerre ouvre un marché, celui de la margarine. « *I hear on all hands that there is an enormous demand from the public - possibly and entirely new public - for one shilling margarine. By a new public I mean not previous users of margarine... The one shilling margarine consumption is entirely taken off the*

consumption of butter » écrit Lever en 1915. Un an plus tard, la consommation de margarine en Grande Bretagne dépasse pour la première fois la consommation de beurre.

La nécessité de contrôler l'approvisionnement en matières premières accaparées par les besoins énormes de la margarinerie à partir des années 1910 - date à partir de laquelle on sait raffiner et hydrogéner les huiles, nous y revenons dans le prochain chapitre - va se manifester au début du XX^e siècle de deux manières. Par l'intégration de l'industrie vers l'amont (production d'oléagineux et extraction d'huile) d'une part. « Celui qui ne contrôle pas son approvisionnement ne survit pas » pense Lever. Un informateur se rend dès 1902 en Afrique et rapporte qu'« une source inépuisable d'huile de palme et d'amandes de palmistes dans l'*hinterland* n'attend que l'ouverture et le développement du marché ». Mais la politique du *Colonial Office* britannique interdit l'acquisition et le développement de terres au sein de l'Empire, - les terres sont « la propriété inaliénable des autochtones » (Fieldhouse, 1973) ; l'Allemagne, à partir de 1910, adopte la même position, réduisant aux yeux de Lever l'attrait du Cameroun ; alors Lever se tourne vers la Belgique, plus conciliante, puis vers le Congo où il crée en 1911 La Société Anonyme des Huileries du Congo Belge (HCB). Il rachète parallèlement des compagnies de négoce au Libéria et au Nigéria, où la structure concurrentielle du négoce est par ailleurs en pleine transformation : « *In Nigeria, which was above all the land of the oil palm - it included the territory of the 'Oil Rivers Protectorate' - competition between the European trading firms had been free and fierce up till 1900'. But in that year the Niger Company, the African Association, Alexander Miller, Brother & Company, and the Company of African Merchants signed a pooling agreement : markets were divided ; each party remained indépendant, but a 'Committee of Control' was set up to co-ordinate operations. [...] The Gold Coast was likewise 'regulated' after 1905 between the African Association, Miller's and F.&A. Swanzy. The only serious threat, all along the Coast came from a number of indépendant German firms who were supplied with abundant 'currency' in the shape of cheap German hardware.* » (Wilson, 1954). Crosfield's le savonnier et Jurgens' le margarinier prospectent également le continent africain. Lever, par sécurité, les absorbera bientôt.

La concentration et l'accord entre firmes est la seconde stratégie de sécurisation de l'approvisionnement. La décennie 1919-29 est celle des rachats. Dans le secteur de la

margarine, Olympia Mill (J. Watson), Home and Colonial Stores et Lipton's sont achetés par les tout puissants Jurgens et Van der Berg (VDB). Dans le secteur de la savonnerie, Lever Brothers absorbe ses rivaux : le capital de Crosfield's et Gossage's passe sous son contrôle en 1919 ; un an plus tard, c'est au tour de John Knight's. Lever contrôle alors 60% de la production nationale de savons. L'acmé sera, après la fusion en 1927 de VDB et Jurgens' au sein de Margarine Unie, la fusion de Margarine Unie et Lever Brothers au sein d'Unilever en 1929.

Au total, les grincements de la structure historique de la demande de corps gras (concurrence alimentaire des margarines, nouvelles substitutions incluant tous les corps gras possibles, concentration des firmes) s'accompagnent d'une transformation majeure de la structure de l'offre d'huile de palme : la culture villageoise va être remplacée par les grandes plantations. En Afrique et surtout en Asie, dont l'huile de Sumatra et de Salengor en Malaisie parvient en Europe au début des années 20. La décennie 1920 sera celle des changements : géographiques, l'huile proviendra majoritairement d'Asie, de la demande, elle sera alimentaire, de la concurrence, toutes les huiles seront rivales, l'huile de palme elle-même va changer, on ne la reconnaît plus : elle contient 5 ou 6% d'acidité contre 60 ou 80 % dans le cas africain traditionnel. Elle va, entre les deux conflits mondiaux, changer de marché. Liverpool ne sera plus le port principal d'importation. Une ville la concurrence, dotée d'infrastructures portuaires conséquentes, de réseaux de canaux, d'usines et d'huileries : Rotterdam, porte du marché continental.

CHAPITRE 7

ROTTERDAM, HAMBOURG, MARSEILLE

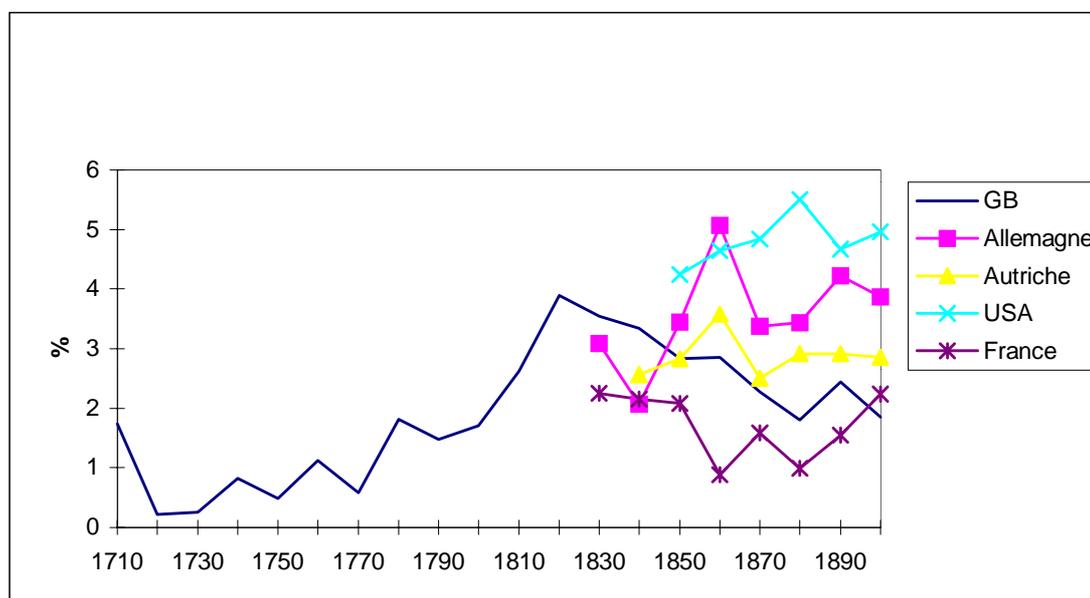
L'exemple britannique se généralise au continent européen : l'huile manque, la production oléagineuse est étroite : il faut importer. On visite trois ports dans ce chapitre, leurs usines, où les huiles sont mélangées. Dans un nouveau produit : la margarine.

I) Rotterdam, l'entrée continentale

Après les guerres napoléoniennes, l'importance de Rotterdam dans le commerce entre la Grande-Bretagne et l'Europe continentale grandit au détriment d'Amsterdam spécialisée dans les transactions « papier », i.e. financières (les « *gambling speculation and jobbing in stocks* », comme l'écrit en 1845 un correspondant à Lord Aberdeen, ministre des Affaires Etrangères britannique). Port d'accès au Rhin et à la Meuse, Rotterdam reçoit les voiliers de haute mer grâce à un canal qui à partir de 1866 se voit doublé d'un canal plus profond permettant l'accès aux vapeurs. Dans les terres, la Convention de Mannheim de 1868 supprime les systèmes de douanes que l'on trouvait sur le Rhin. Une de ses clauses stipule que « la Navigation du Rhin et de ses embouchures depuis Bâle jusqu'à la pleine mer, soit en descendant soit en remontant, sera libre aux navires de toutes les nations pour le transport des marchandises et des personnes ». Grâce à eux circuleront vers Emmerich en Allemagne, juste sous la frontière, les graines oléagineuses, qui, pressées, entrent dans la margarine que Mège Mouriès invente en France un an plus tard et que la demande ouvrière allemande des grandes villes industrielles en pleine essor va bientôt réclamer à grands cris - on entre dans la deuxième vague de la révolution industrielle, durant laquelle l'Allemagne et

l'Autriche rejoignent avec 20 ans de retard le premier groupe constitué par la Grande-Bretagne, les Etats-Unis et la France (graphique 7.1).

Graphique 7.1 : Taux de croissance annuel moyen du produit industriel, 1790-1900



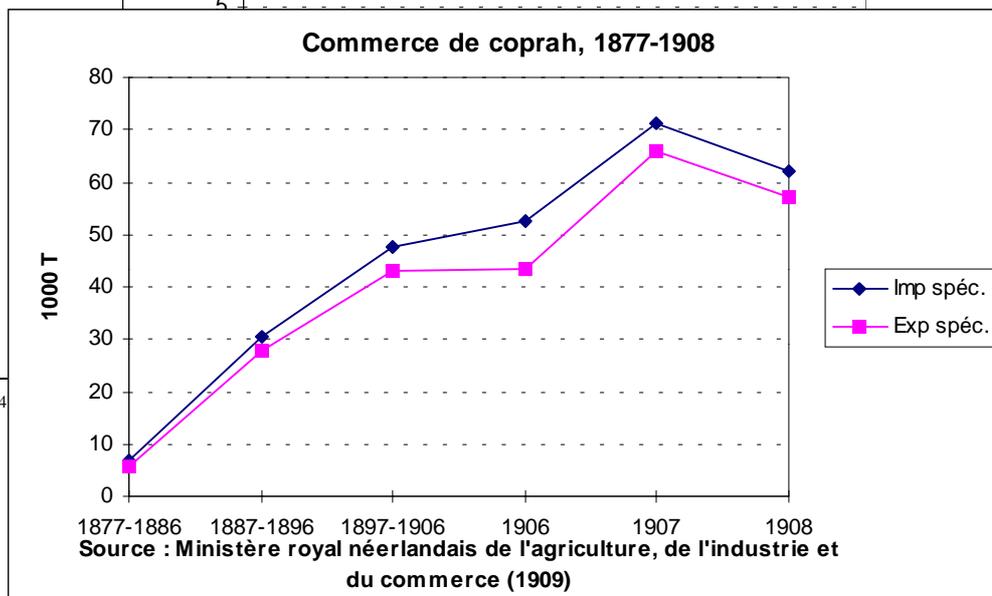
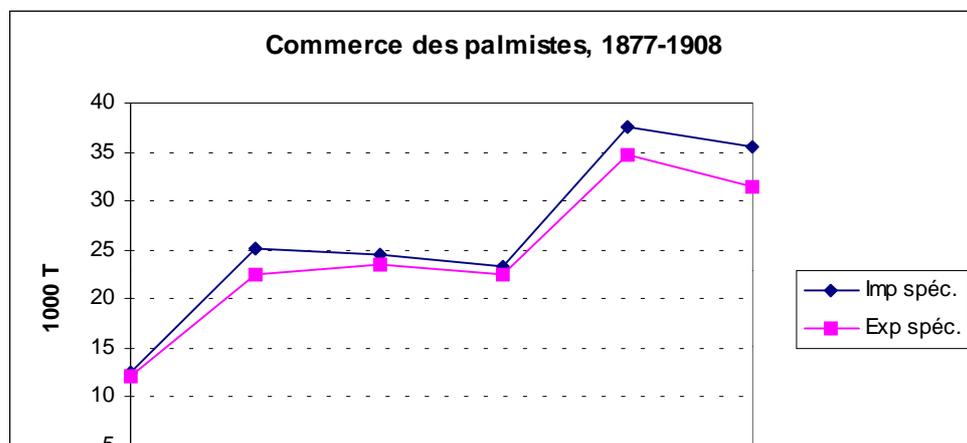
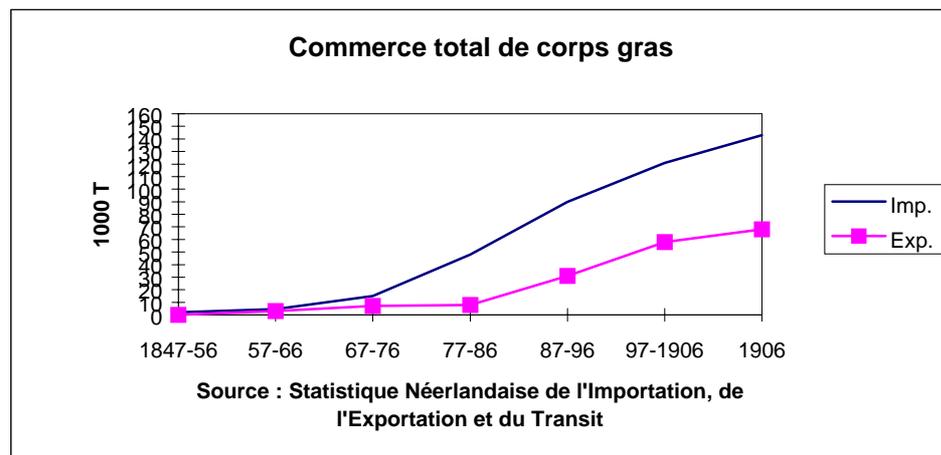
Sources : Verley (1997 : 84) d'après Crafts et Harley (1992) pour la Grande-Bretagne ; Levy-Leboyer et Bourignon (1985 : 334) pour la France ; Kuczynski (1989 : 196-197) pour l'Allemagne et les Etats-Unis ; et Good in Sylla et Toniolo (1991 : 237) pour l'Autriche et la Hongrie.

La croissance industrielle britannique cependant, durant la deuxième moitié du XIX^e siècle, reste soutenue. Le salaire moyen réel progresse en moyenne de 2% par an entre 1874 et 1900. Les grands centres de consommation sont Londres, Glasgow, Birmingham, Manchester, Newcastle et Sheffield. En Allemagne, la Ruhr, Berlin et Hambourg sont les grands marchés. En Belgique, Anvers. En Hollande, Amsterdam et Rotterdam. Dans les années 60, les Van der Bergh's et Jurgen's exportent vers Londres le beurre allemand et hollandais qu'ils mélangent à Oss, en Hollande. La Hollande en 1870 est la première exportatrice mondiale de beurre. Elle produit du lait. Et c'est en Hollande qu'après le beurre, se développera l'industrie de la margarine, stimulée par la forte demande britannique d'abord, allemande ensuite et les dispositions locales d'une partie des matières premières : les premières margarine sont en effet produits à partir de suif de bœuf liquide (l'« oleo » ou « premier jus », fraction liquide du suif) et de lait.

Les abattoirs de Bordeaux, Lyon et Marseille puis les fabricants de bougie d'Ecosse, d'Autriche, de Hongrie et de Russie fournissent dans un premier temps la matière première principale de la margarine, l'oleo. Les prix sont transmis aux brokers par télégram (le rappel des grandes innovations de l'époque est donné tableau 7.1). L'insuffisance de l'approvisionnement européen en graisses animales durant les années 1870 est compensée par l'ouverture du marché nord américain. L'invention des chambres froides dans la décennie 70 fait en effet exploser le marché de la viande à Boston puis à Chicago. Reardon's, de Boston, songe le premier à écouler vers l'Europe les volumes énormes de graisses laissées inutilisées par les abattoirs de la côte Est. Les premiers barils d'oléo parviennent en Hollande en 1877. Le marché américain éclipse alors le marché européen, trop disséminé et en prime sur Chicago. Les achats d'oléo par les hollandais (Jurgens) se font d'abord spot sur le marché de Chicago ; mais à partir de 1891, des brokers américains se chargent, à Rotterdam, d'écouler les arrivages américains. Le milieu des années 90 marque l'apogée du commerce nord atlantique des graisses et conforte la position de leader qu'occupe le port de Rotterdam. Lorsque la Chambre de commerce de Rotterdam signale, en 1899, le danger d'un approvisionnement exclusif en graisses américaines, elle défend non pas l'idée de voir imposé un droit de douane discriminatoire sur les importations de certaines matières grasses que ses voisins immédiats ont adopté (tarification « bismarck » en 1887 sur les importations de produits alimentaires, dont la margarine et les huiles, les graines et noix étant exemptées ; imposition d'un droit de douane similaire en 1896 en Belgique) mais, tout au contraire, la nécessité de laisser libre l'entrée de substituts. De substituts potentiels. Les efforts qui ont permis de remplacer l'huile d'olive achetée à Marseille et Bordeaux par de l'huile de sésame provenant de Palestine, de Bombay, de Calcutta et de Chine et par de l'huile d'arachide pressée à Marseille à partir des arachides sénégalais n'ont pas encore été entièrement récompensés. L'insuffisance de la production laisse ces huiles à des cours trop élevés. Quant aux huiles végétales peu chères, comme l'huile de coton, que l'on trouve à Oss depuis 1884, leur emploi n'est pas recommandable tant leur odeur dissuade de toute utilisation alimentaire. Mais la chimie fait des progrès. On parle d'un procédé de durcissement des huiles mis au point à Toulouse par un certain Sabatier, d'amélioration du procédé de raffinage à laquelle un Américain travaille. Reste, avant que cette grappe d'innovations ne survienne, que par

l'absence de droits de douane sur les importations d'huiles végétales, la Hollande fixe le sens des échanges jusqu'au premier conflit mondial : les graines oléagineuses parviennent à Rotterdam, sont exportées en Allemagne, reviennent sous forme d'huile avant de repartir sous forme de margarine vers l'Angleterre et l'Europe du nord (graphiques 7.2).

Graphique 7.2 : Commerce de corps gras en Hollande⁴



Mélange de corps gras (on mélangera couramment jusqu'à 8 corps gras différents dans leur fabrication au XX^e siècle), la margarine va transformer le marché des huiles en ouvrant grand aux huiles végétales, au début du XX^e siècle, la porte du monde alimentaire. Il faut rappeler la situation démographique et alimentaire en Europe au XIX^e siècle pour comprendre l'essor de l'échange et les modifications de ses structures qu'imprimera ce produit.

2) Margarine : antécédents et histoire

La population européenne passe de 140 millions autour de 1750 à 187 millions en 1800 et 266 millions en 1850. La croissance fut particulièrement forte lors de la seconde moitié du XIX^e siècle puisque de 266 millions, la population en Europe passe à 401 millions en 1900⁵. On sait que la pression démographique est une des premières raisons de l'émigration vers l'Amérique, où la population, de 59 millions en 1850, atteint 144 millions en 1900⁶. Les observations et les témoignages du régime alimentaire des ouvriers pendant le siècle rendent tous compte de carences importantes, particulièrement en ce qui concerne les protéines et les graisses.

Tableau 7.1 : innovations II, 1850-1915

Années

1852	Introduction de l'huile de palme décolorée en savonnerie (Marseille) Communication par télégraphe entre Londres et Paris Première ligne à vapeur régulière entre l'Europe et l'Afrique de l'ouest
1854	Berthelot après Scheele (1779) définit les triglycérides
1858	Premier câble transatlantique
1860'	L'huile de palmiste pénètre les marchés britannique et français
1864	Communication par télégraphe entre New York et San Francisco
1865	Communication par télégraphe entre Londres et Bombay <i>International Telegraph Union ; Latin Monetary Union</i> Invention du pistolet harpon par Svend Foyn
1866	Creusement d'un canal permettant l'accès en vapeur au port de Rotterdam
1866	Communication satisfaisante par télégraphe entre Londres et New York
1868	Convention de Mannheim (libre circulation sur le Rhin)
1869	Invention du procédé de fabrication de la margarine par Mége Mouriès Ouverture du canal de Suez

⁵ Burgdörfer F., 1951, *Bevölkerungsdynamik und Bevölkerungsbilanz*, München, p. 19., cité par Stuyvenberg (1969).

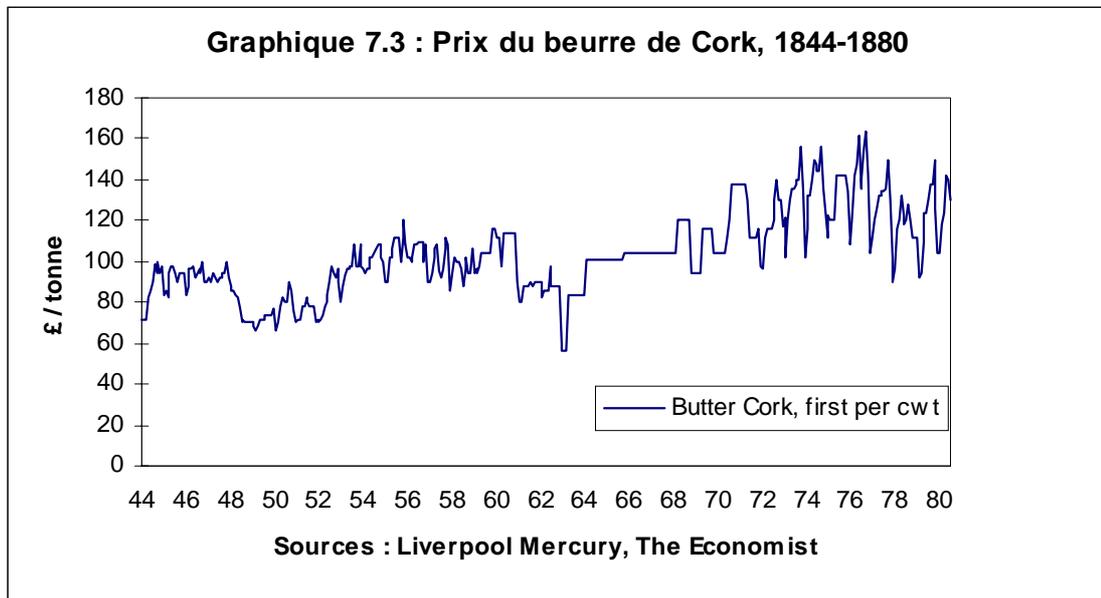
⁶ Burgdörfer F., op. cit., p. 19.

1870	Communication par télégraphe entre Londres et Singapour
1870 (c.)	Invention des chambres froides
1871	Achat du brevet par le négociant hollandais Jurgens Le Japon et l'Europe sont liés par câble
1875	Trade Mark Act britannique
1877	Les premiers barils d'oléo américain parviennent en Hollande
1880	Fin des travaux de creusement du canal permettant l'accès en vapeur au port de Rotterdam
1880 (c.)	Construction de bateaux réfrigérés pour le transport de graisses animales Tarifs dits « prix fermes » sur le chemin de fer français
1885	Lever ouvre sa première usine de savon à Warrington Mise en service de la ligne de chemin de fer Dakar-Saint Louis
1888	Tronçon ferré Kayès-Bafoulabé de la future ligne Dakar-Niger
1900	Procédé Wesson de raffinage de l'huile de coton, étendu dans un premier temps à l'huile de coco Ouverture du réseau de chemin de fer ouest africain
1902	Invention d'un procédé de durcissement des huiles fluides (hydrogénation) par Wilhelm Normann à partir des travaux de Guido Goldschmidt et de Paul Sabatier
1905	Crosfield's achète le droit d'utiliser le procédé Normann en Angleterre
1905 (c.)	Premières exportations de soja de Mandchourie
1906	Premiers développements industriels de l'hydrogénation en Europe Piratage du procédé Normann
1911	L'Elaeis guineensis est mis en culture aux Indes néerlandaises.
1914	Première production commerciale d'huile de palme à Deli et Sumatra.
1915	L'hydrogénation est employée aux USA (Procter & Gamble)

En 1850, la consommation par tête est faible et déséquilibrée. A titre d'exemple, en Allemagne à cette date, la consommation de graisse par tête et par an est de 12,5 kg, composés à 40% de beurre, à 32% de graisse de rognon, de 16% de lard et de bacon, et de 12% d'huile végétale ; soit 48% de graisses animales « directes » (rognon, lard, bacon)⁷. Les exigences de la demande, en plus de volumes supplémentaires, concernent la facilité d'utilisation des produits : la graisse de boeuf ne s'étale pas sur des tartines. Le beurre lui est préféré. Après 1850, l'offre de beurre est insuffisante, ses prix dans toute l'Europe s'élèvent ; en 1870, ils ont doublé. Les cotations à Hambourg des prix d'1 kg de beurre au détail sont disponibles à partir de l'année 1792. Le kilo de beurre coûtait 1,02 marks en 1792, 1,94 marks en 1800, en 1850 1,32 marks et en 1869 2,44 marks. Cette dernière année, le salaire quotidien d'un mineur prussien était de 2,59

⁷ Stuyvenberg (1969).

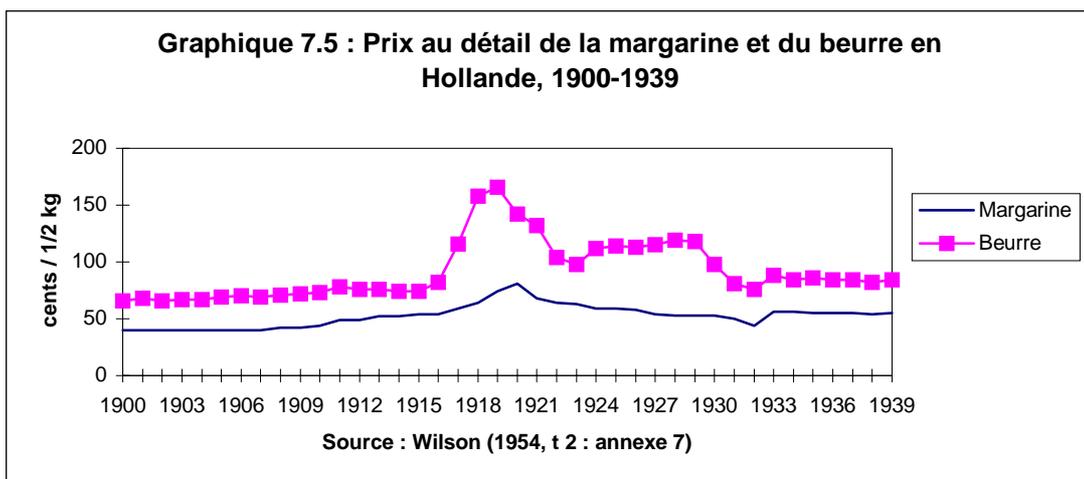
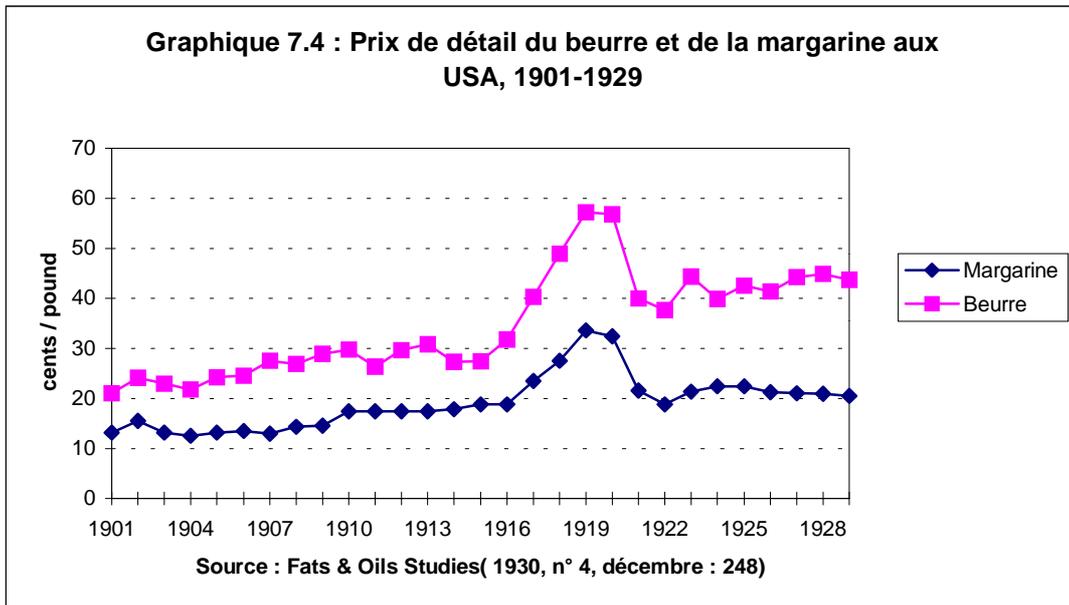
marks. La situation était identique dans tous les grands centres de consommation européens (graphique 7.3 avec le prix du beurre de Cork caf Londres).



Un déficit de matières grasses amplifié année après année par l'évolution de la démographie, un beurre très cher, des salaires nominaux bloqués ou faiblement croissants, et dans le cas particulier de la France, le souci d'approvisionner déceimment l'armée et les ouvriers en matière grasse dans l'éventualité d'un conflit avec une Prusse ragaillardie, incitent Napoléon III à lancer lors de l'exposition universelle de 1866 à Paris un concours pour l'invention d'une graisse nutritive et bon marché. Le chimiste Mège Mouriès s'y inscrit ; en 1869 il remporte le concours⁸. Le procédé de fabrication était simple : produire un pain de matière grasse tartinable à partir de suif, matière grasse abondante, par l'adjonction de lait. Les prix faibles du suif et du lait, coproduits de la production bétailière, réduisent le coût de fabrication : la margarine se vend d'emblée deux fois moins cher que le beurre (graphiques 7.4 et 7.5 : les données avant 1900 sont lacunaires).

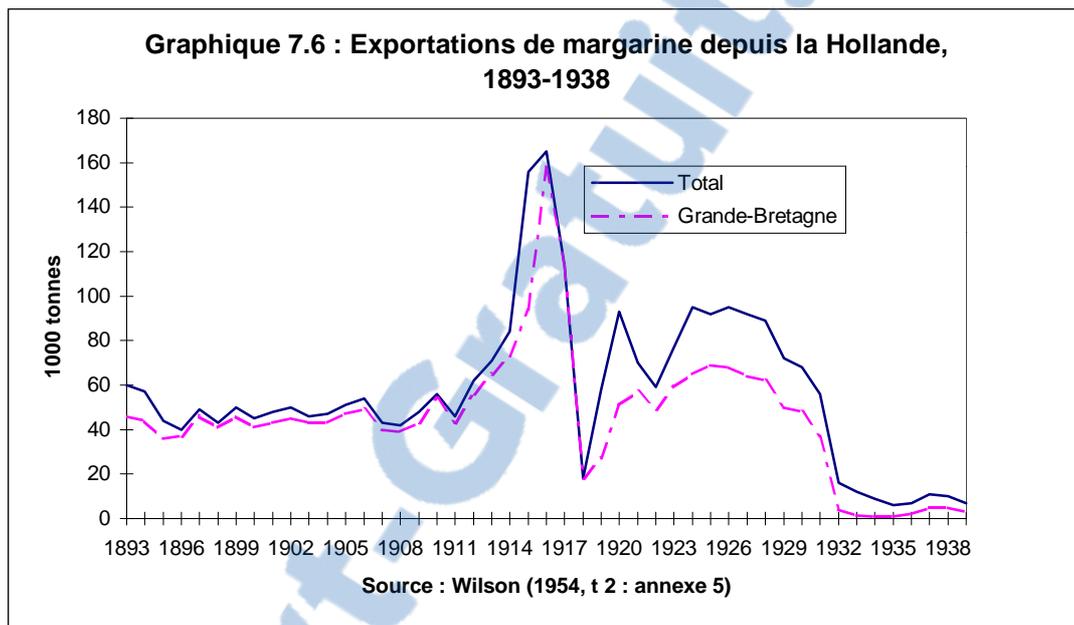
C'est aux Pays-Bas que l'industrie de la margarine se développe. En 1871, le grand négociant hollandais Jurgens achète à Mouriès son brevet. Pendant dix ans au moins Jurgens et son rival Van der Bergh vendent leur margarine au Royaume Uni et à l'Allemagne sans essayer de conquérir leur marché domestique. Les deux compagnies hollandaises commencent à exporter la margarine en Allemagne dans les années 1870 ; les margarines sont soumises à des tarifs en 1887. Les deux firmes construisent en réaction des usines sur le sol allemand : la première margarinerie de Jurgens' est construite en Allemagne à Goch en 1888 ; Van der Bergh's le rejoint à Cleves. De la même manière, elles pénètrent le marché belge par des exportations directes en 1884 ; puis elles construisent des usines en Belgique pour contourner le tarif imposé en 1896. L'histoire s'est répétée au Danemark, en Suède, et toutes les fois que le pays consommateur essaye d'encourager l'industrie locale de la margarine au détriment de l'importation du produit fini.

⁸ Il s'était déjà illustré à deux reprises : en réduisant les effets indésirables de la copahin dans le traitement de la syphilis d'abord, puis en augmentant de 14% le volume de pain blanc obtenu couramment à partir de blé, grâce à un nouveau procédé de fabrication tombé dans l'oubli depuis.

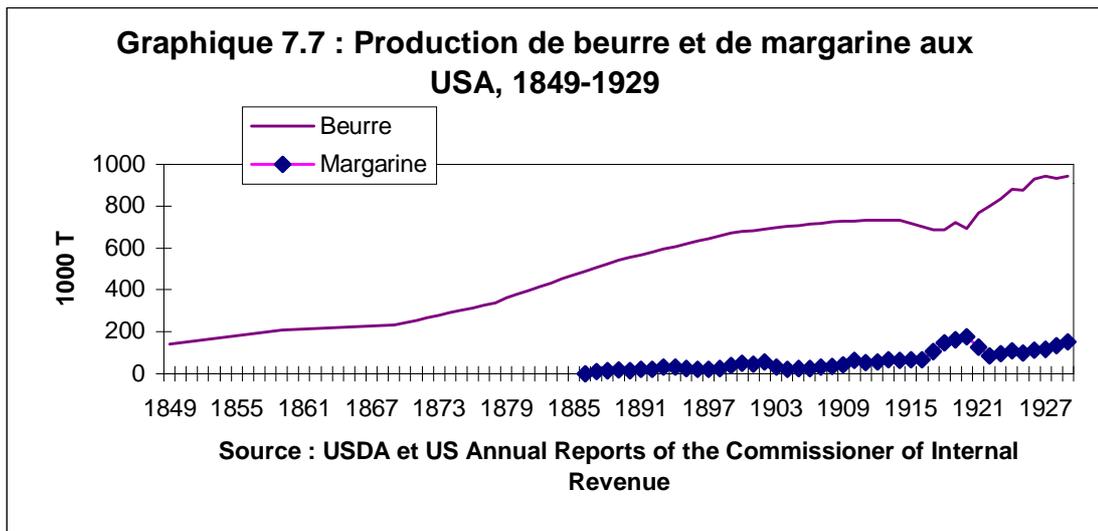


Le Royaume-Uni reste l'exception en raison de sa politique commerciale de libre échange : les compagnies hollandaises n'y érigeront leurs premières usines qu'à dater de 1918. Ce sont 40 000 à 50 000 tonnes par an de margarine que les Pays Bas exportent chaque année vers le Royaume Uni de 1893 à 1913, soit entre 90 et 95% des exportations hollandaises totales de ce produit (graphique 7.6). Les importations hollandaises d'oléo américain, le constituant de base jusqu'à l'apparition des huiles végétales hydrogénées en 1906-08, passent de 17 000 tonnes en 1884 à 100 000 tonnes en 1908. Les volumes de margarines mis sur le marché international culminent à 160 000 tonnes pendant la première guerre mondiale puis se réduisent à 20 000 tonnes en

1918 après que le gouvernement hollandais en a interdit les exportations à cause d'un déficit de l'offre domestique. Durant les années 20, les exportations se situeront entre 60 000 et 90 000 tonnes annuelles, les $\frac{3}{4}$ allant au Royaume-Uni et le reste en Allemagne. Dans les années 30 le commerce international s'amenuise, les nations ferment leurs portes : les exportations hollandaises n'excèdent pas 10 000 tonnes annuelles.



Tout comme aux Pays-Bas, les premières interventions de l'Etat viseront en Angleterre à rendre beurre et margarine distincts aux yeux du consommateur (1887 en Grande-Bretagne, 1889 aux Pays-Bas). Aux USA, une taxe discriminatoire frappe la margarine et épargne le beurre (lois fédérales de 1886, renforcées en 1902) et bloque l'extension du secteur (graphique 7.7). Jusqu'aux années 20 et la fusion de Lever Brothers et Margarine Unie, l'industrie de la margarine sera une affaire hollandaise.



3) L'approvisionnement

La découverte par Wesson en 1900 d'un procédé de raffinage des graines de coton, rapidement étendu à l'huile de coco, puis la mise au point en 1906 du procédé Normann d'hydrogénation, modifient du tout au tout les contraintes d'approvisionnement⁹. La demande toujours plus importante de viande qui commençait à influencer la composition des élevages - aux bêtes « grasses » étaient préférées les bêtes « à viande » - entraînait depuis le début du XX^e siècle une raréfaction grandissante de suif sur le marché (Stuyvenberg, 1969). En 1910, il n'y a plus guère de graisses ou d'huiles dont on ne sache se servir dans l'industrie alimentaire, hormis l'huile de palme et l'huile de baleine : arrivent soudainement sur le marché international (i.e. Etats-Unis, Europe Continentale, Angleterre) du soja (premières importations en 1908 en Europe), du coton (pic des exportations d'huile de coton américaine en 1905), de la coco (les premiers enregistrements de broyage de coprah datent aux Etats-Unis de 1904), de l'arachide (premières importations américaines en 1909, première production nationale d'huile en 1912), mais aussi du sésame, du tournesol ; viendront après guerre l'huile de baleine norvégienne et l'huile de palme, les deux dernières huiles à pénétrer le marché alimentaire pour des raisons de mauvais goût tenace. Les prix montent entre

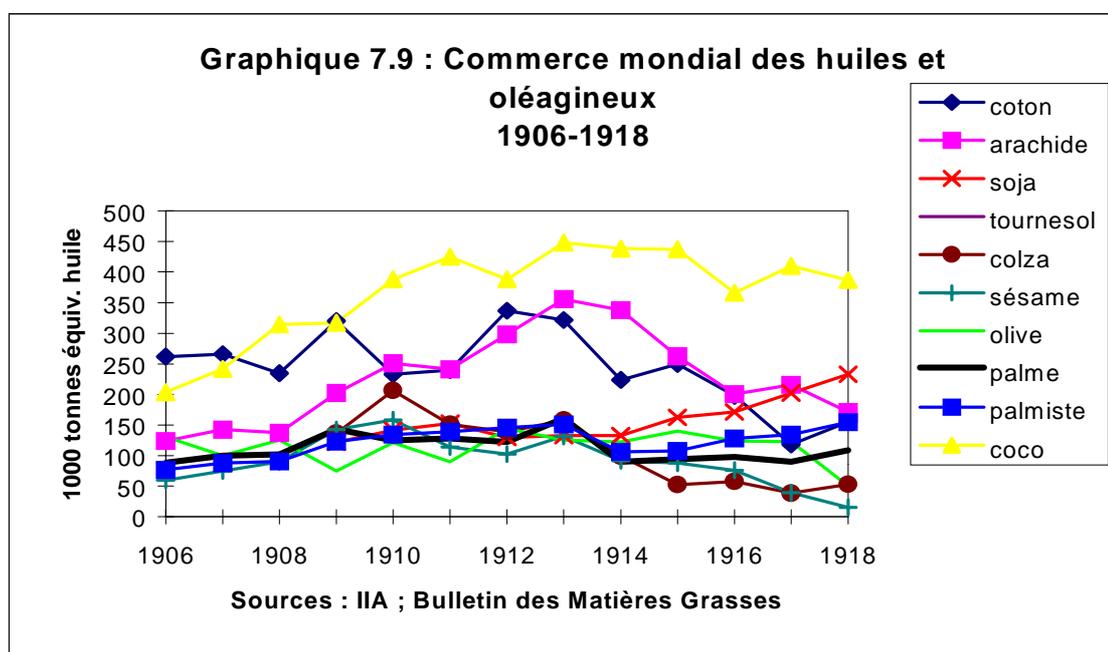
⁹ Le procédé de raffinage de l'huile de coco mis au point par Loder en 1887 n'avait trouvé preneur qu'en France, chez Rocca, Tassy & de Roux à Marseille, sans atteindre l'Angleterre et les Etats-Unis. Il n'en a pas moins contribué à couvrir de succès les marques pionnières de graisses végétales comme la « Végétaline » ou « Cocose ».

1906 et 1910 (dans le plus grand désordre, comme toujours : graphique 7.8). Les huiles alimentaires de coco et d'arachide vont être les plus demandées. Les échanges mondiaux en équivalent huile des huiles et graines oléagineuses ont été reconstitués à partir d'annuaires de l'IIA et de différents numéros du Bulletin des Matières Grasses (graphique 7.9, pour ne pas encombrer le graphique, les huiles industrielles comme l'huile de lin et l'huile de ricin ont été omises).

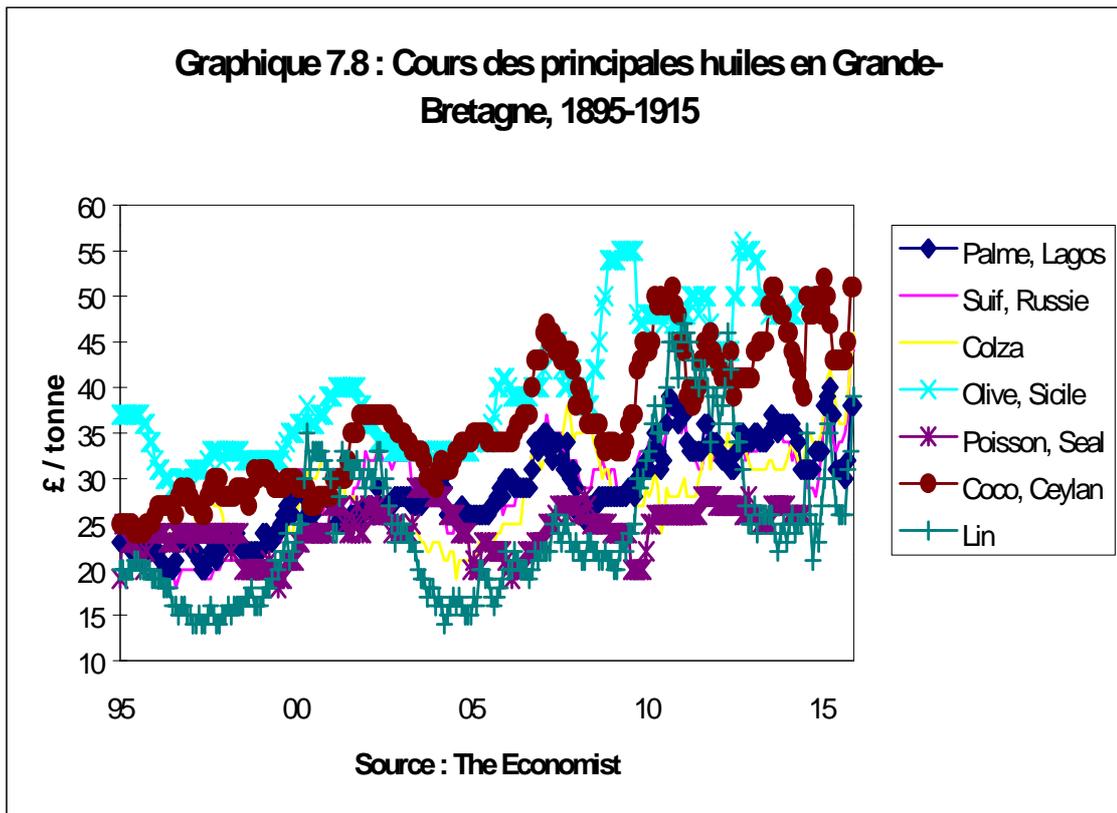
La conversion en huile s'est faite sur la base suivante :

Tableau 7.2 : Taux de conversion des oléagineux en équivalent huile, 1906-1918

COTON	18%
ARACH	38%
COCO	63%
SOJA	14%
TOURNES	19%
SESAME	45%
PALMISTE	45%
COLZA	30%



Graphique 7.8 : Cours des principales huiles en Grande-Bretagne, 1895-1915



D'après nos estimations, exactement la moitié des importations d'huiles et graisses en équivalent huile dans le monde est à mettre à l'actif de la Grande-Bretagne et de l'Allemagne entre 1909 et 1913. L'estimation du rôle joué par les Pays-Bas, la France et les USA est plus délicate ; leurs importations doivent s'élever à environ 10% par pays. A la concentration géographique de la demande correspond une spécialisation par produit. La Grande-Bretagne possède l'exclusivité sur le coton (80 % des importations mondiales), le palme (75%) ; Rotterdam importe près de 100% de l'oléo mondial ; Marseille importe 75% des arachides échangés dans le monde ; Hambourg en 1914 contrôle près de 50% de la trituration de coprah, 100 % des importations et de la trituration de palmiste en Europe. Sa production d'huile en 1914 atteint le double de celle de l'Angleterre. Prévus pour la fourniture de tourteaux en élevage et en engrais, les centres de trituration allemands vont polariser le marché autour d'Hambourg et de Rotterdam, Liverpool conservant la prééminence dans les cotations de l'huile de palme. Le retard pris par la France et les Etats-Unis dans le secteur de la trituration à cause

d'une demande faible en tourteaux dans le premier cas et d'une politique de discrimination en défaveur de la margarine et de l'huilerie et au profit des crémeries traditionnelles dans le second (dans un monde où à peine moins de 80% des huiles et graines oléagineuses sont échangés sous forme de graine) fige les structures d'échange mises en place par les savonniers anglais et les margariniers hollandais dans le dernier quart du XIX^e entre les ports de Liverpool, Rotterdam, et Hambourg.

II) **Hambourg triture**

La situation en Allemagne avant la création du Reich en 1871 est celle d'excédents agricoles et de libre échange. Après 1870, l'industrialisation croissante augmente le besoin en produits de base des grands centres industriels, tels que le pain, le beurre, le savon ; tout comme en Angleterre deux décennies plus tôt, ces besoins sont de plus en plus couverts par les importations. Les agriculteurs allemands réclament des droits protecteurs. 1879 marque l'apparition des premiers droits de douane (*Eziehungszoll*) : ils sont dus à Bismarck (1871-1890). Par droits protecteurs on entendait surtout droits sur les céréales (1879). Ils furent relevés en 1885, 1887 et 1906, après une baisse passagère en 1892. Les prix sur les marchés nationaux sont soutenus par l'introduction de licences d'importation. Les graisses animales, végétales et autres, telles que le beurre, le saindoux, le lard, le suif, la viande de porc, les oeufs ainsi que les huiles et les graisses végétales, connaissent des droits protecteurs plus faibles de moitié. En revanche, oléagineux et tourteaux entrent complètement en franchise. En première conséquence, la culture des oléagineux (lin et colza) disparut presque entièrement cependant que la production des graisses animales et d'autres produits animaux était sérieusement entravée par le renchérissement des céréales. Prenons l'exemple du beurre. Un quintal de beurre demandait pour sa fabrication environ 30 quintaux de lait, lesquels peuvent être obtenus par une ration alimentaire d'environ 15 quintaux de céréales concassées. Avec un droit de douane moyen de 2 à 3 marks par quintal de céréales, le droit de douane indirect qui grevait 1 quintal de beurre produit dans le pays était de 30 à 45 marks contre un droit d'importation effectif sur le beurre de 20 marks. La situation était encore plus difficile pour les producteurs allemands d'huiles végétales que pour les éleveurs, car les oléagineux succombèrent entièrement à la concurrence étrangère. Ils renoncèrent presque complètement, à cause de son caractère peu rémunérateur, aux cultures du colza et du lin qui ne seront remises au goût du jour que 50

ans plus tard, sous le III^{ème} Reich. La réaction des grands margariniers hollandais, seconde conséquence de la tarification « Bismarck », n'a guère tardé. En 1888 Jurgen's ouvre sa première margarinerie en Allemagne (à Goch) ; à Cleves, Van der Bergh's lui emboîte le pas. Un produit reçoit les faveurs des fermiers. Il possède la propriété d'augmenter le pourcentage de corps gras dans le lait des vaches. Il produit du beurre ferme. Il est bon marché. Et l'inverse du coton, autre produit bon marché, il convient parfaitement à la nourriture des porcs. Une aubaine ; elle est saisie ; l'Allemagne importe des amandes de palmiste pour produire des tourteaux. Un autre produit reçoit toute l'attention des industriels. Son huile fait mousser le savon ; en 1900 on apprend à la raffiner ; solide, elle s'intègre sans frais de durcissement dans la margarine : l'huile de coprah.

Parlons palmistes. Par extraction, la proportion d'huile de palmiste restant dans la farine peut descendre à 1%. Par pression, dans les cas les plus favorables et en employant les machines les plus modernes, le pourcentage d'huile restant dans le tourteau est rarement inférieur à 6% et peut facilement atteindre 10%. Le tourteau est plus riche par pression ; l'huile conserve " un certain goût " par extraction. Alors l'Allemagne presse, elle n'extrait pas. Le sous produit, l'huile, est de vente aisée. A l'exportation, les margarineries Hollandaises, les savonneries de Lever en Angleterre, la réclament. Au total, la valeur de l'huile est en moyenne cinq fois supérieure à celle du tourteau. Tel n'est pas le cas avec les huiles techniques, i.e., non alimentaires, de colza et de lin. D'abord, par leur taille, ces deux marchés offrent des opportunités de valorisation moindres. Ensuite, on l'a dit, à l'exception des huiles siccatives comme le lin qui conserve un avantage technique dans la fabrication des vernis, les oléagineux traditionnels du nord de l'Europe (navette, oeillet, colza) perdent avec l'intrusion des huiles minérales leurs premiers débouchés. Sans une intervention politique, en Allemagne à partir de 1932, plus largement en Europe à la fin des années 60, la culture du colza ne serait probablement pas sortie de l'oubli où l'avait confinée au début du XX^e siècle la toute puissance des huiles tropicales dans l'alimentaire et des huiles minérales dans l'industrie¹⁰.

¹⁰ C'est en 1996 la troisième huile végétale produite dans le monde.

Hormis la structure de prix qu'imposent aux corps gras la tarification Bismarck, d'une part, et les bonnes dispositions purement techniques offertes d'autre part par le tourteau de palmiste, il est un dernier élément déterminant dans l'importation de palmistes : celui de la préexistence d'un réseau commercial maritime aux mains des Allemands, en particulier dans l'acheminement des produits africains. Or les palmistes viennent d'Afrique. Mais après tout, pourquoi, alors qu'une majorité des produits provient des possessions britanniques, le commerce se fait-il avec le continent? L'influence de la maison allemande Gaiser & Co, une des plus anciennes parmi celles qui commerce avec l'Afrique de l'Ouest, a été déterminante. Non seulement importatrice, elle va très vite posséder une affaire d'huilerie en Allemagne. Le transport par chemin de fer étant coûteux pour une marchandise comme le tourteau dont la valeur est faible par rapport au poids, un port est avantagé s'il possède un arrière-pays agricole. En développant des options de transit gratuites, depuis Hambourg, pour Brême et Rotterdam, et une fois l'usage du tourteau de palmiste répandu dans le pays, le port d'Hambourg, entouré d'huileries, s'affirme comme le centre industriel mondial des amandes de palme. Contrairement à ce qui se passe à Liverpool, un acheteur à Hambourg est certain, en se rendant sur le marché pendant la saison, d'obtenir un prix. Le commerce continental entre l'Allemagne et la Hollande est aux mains de Jurgen's et Van der Bergh's. Gaiser & Co se charge du fret depuis l'Afrique. Il n'a qu'un seul concurrent, une compagnie de navigation britannique¹¹. Les arrangements sur les prix entre les deux compagnies sont courants. Les bateaux des deux groupes débarquent les marchandises à Hambourg, Rotterdam et en général dans les ports du continent comme Marseille ; le Royaume Uni est desservi uniquement par les lignes anglaises. Hambourg est le seul marché d'amandes de palme avant la guerre. Marseille, dont les savonneries intègrent l'huile de palmiste et de coco depuis le milieu du XIX^e siècle, est un marché domestique. Quant aux marchés américains de Chicago et Philadelphie, ils n'arbitrent pas les échanges mondiaux : l'huile de lin, de coton et de maïs qui s'y échangent¹² sont des huiles domestiques dont le surplus seulement est exporté à un prix fixé sur le marché d'importation (Liverpool et Rotterdam).

¹¹ Signalée sans jamais être citée : on ignore son nom.

¹² L'huile de maïs a été employée par les colons à partir de 1840 et servait à l'éclairage ; la production d'huile de lin aux Etats-Unis a commencé en 1805 ; enfin l'huile de coton a été produite expérimentalement en 1825 avant d'être exporté vers les savonneries britanniques et européennes à la fin

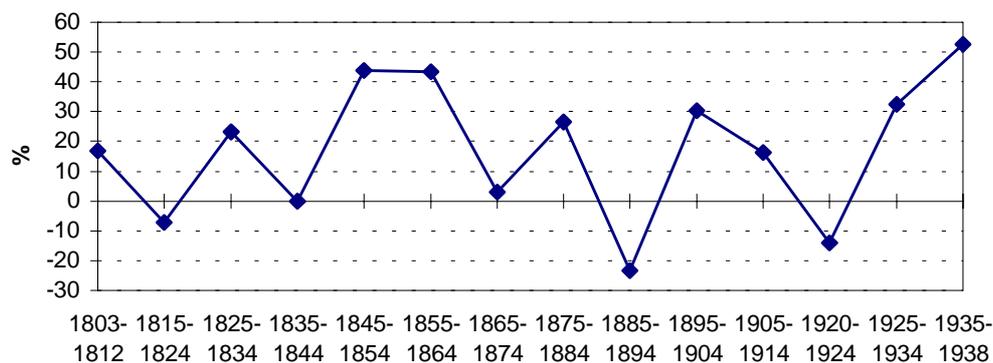
III) Marseille supplante Bordeaux

Marseille au XVII^e siècle devient célèbre pour son « savon vert », vert en raison de la couleur que lui donne l'olive. Concurrencé sur le marché français, au début du XIX^e siècle, « par les savons anglais à l'huile de palme et par les savons parisiens utilisant les sous-produits de l'huile d'arachide » (Gaston-Breton, 1998) Marseille reste fidèle à l'olive jusqu'à l'arrivée entre 1825 et 1835 des premiers arachides du Sénégal¹³. Les importations de graines oléagineuses vont être multipliées par 175 entre 1835 et 1870, grâce notamment au traité franco-anglais de 1860, à la franchise des graines oléagineuses d'origine étrangère entrant en France, votée en 1869, et à l'ouverture du canal de Suez. Lin, sésame, coton, arachide, palmiste, coprah sont débarqués à Marseille et contribuent au premier « boom » de la consommation française d'huile végétale, le second survenant dans les années 30 (graphique 7.10). Au milieu du XIX^e siècle, Marseille triture exclusivement des graines d'importation, le traitement des olives se faisant dans l'arrière-pays. Les tarifs dits « prix fermes » institués par les grandes compagnies de chemin de fer à la fin des années 1870 vont permettre aux grands huiliers marseillais comme Verminck ou Rocca-Tassy-de Roux de diffuser leurs huiles « fines », mélange d'arachide et d'olive, sur tout le territoire national. Ces tarifs ne varient pas proportionnellement à la distance parcourue. « Valables pour l'ensemble de la France, ils faisaient particulièrement l'affaire des industriels marseillais, très éloignés des grands centres urbains du nord de la France » (Gaston-Breton, 1998). Ils vont jouer le même rôle dans la création d'un territoire national d'échange que les canaux anglais ou hollandais quelques décennies plus tôt.

des années 60 - mais pas en quantité suffisante pour que son prix fob US détermine son prix à Liverpool ou Rotterdam.

¹³ En plus des numéros divers du Bulletin des Matières Grasses et des comptes rendus des Congrès d'Agriculture Coloniale, l'ouvrage de Gaston-Breton (1998) a été particulièrement mis à contribution dans cette partie.

Graphique 7.10 : Croissance décennale de la consommation d'huiles par tête en France, 1803-1938



Source statistique : Toutain (1971)

Les huiles « fines » vont représenter au tournant du siècle les deux tiers environ de la consommation française. En concurrence directe de Bordeaux, dont les négociants avant 1830 était déjà présents à Saint-Louis pour l'achat d'arachides, les grands huiliers marseillais vont tenter à partir de 1870 d'intégrer verticalement la filière et briser le monopole bordelais du négoce des graines. Verminck fonde avec succès en 1881 la Compagnie du Sénégal et de la Côte Occidentale d'Afrique, rebaptisée Compagnie Française d'Afrique Occidentale (CFAO) en 1887. L'arrivée de compagnies étrangères comme la Société Commerciale de l'Ouest Africain, avec une forte participation suisse, donnera le coup de grâce au négoce bordelais. Bordeaux est « squeezé ». Mais l'absence de ligne directe avec nombre régions d'Afrique, et notamment avec l'Afrique Equatoriale Française, la dépendance d'un fret étranger irrégulier (allemand et britannique) ensuite, et l'absence totale d'exportations, vont placer Marseille dans une position marginale en comparaison des grandes places que sont Liverpool, Rotterdam et Hambourg. Ses prix caf du coprah Straits, du palmiste Dahomey et de l'arachide en coque n'intéressent que les huiliers alentour. L'huilerie marseillaise triturera 72% des graines oléagineuses importées en France autour de 1920.

Conclusions

1. Caf Liverpool, caf Hambourg, caf Rotterdam et à la marge, caf Marseille. Le marché des huiles avant la première guerre mondiale est un marché caf, un marché d'importateurs. Caractéristique importante qui s'estompera avec la disparition des pôles de demande (Hambourg et Liverpool) et le retrait des marchés au profit de l'échange protégé durant les années 30 (préférence pour l'Empire); puis qui resurgira en s'inversant, avec la multiplication des centres d'achat, dans les années 60 et le règne du soja américain fob Decatur et fob gulf, avec le soja fob Brésil et Argentine, enfin avec le palme fob port malais à partir des années 80. La disparition de Hambourg par les vertus du blocus maritime durant la première guerre mondiale va être le prélude de la disparition du marché caf caractéristique du XIX^e siècle et du passage d'un marché tenu par la demande à un marché tenu par l'offre. Le surgissement de marchés fob après la parenthèse du protectionnisme et du second conflit mondial méritera d'être examiné avec soin : la vente fob et l'achat caf traduisent une possession d'informations sur le partenaire d'échange et des stratégies totalement différentes. On ne sait pas vers quel continent, vers quelle ville, vers quelle industrie se dirige un chargement fob.

2. On se souvient qu'en Allemagne, considérée comme représentative des consommations du nord, sans huile d'olive, la consommation d'huiles et graisses par tête s'élevait en 1850 à 12.5 kg et était composée à 12% seulement d'huile végétale et qu'en France, la consommation alimentaire par tête au milieu du XIX^e siècle était de 8 kg avec une proportion à peu près inchangée en 1909-13 de 28 % d'huile végétale¹⁴. En moins de dix ans, de 1906 à 1913 les importations d'huiles et graines discrètes ou absentes sur le marché doublent à Rotterdam, Liverpool, Hambourg, Marseille. La consommation par tête dans les pays industrialisés s'élève entre 16 et 22 kg, dont en moyenne 1/3 est d'origine végétale (tableau 7.3).

¹⁴ On estime, à la suite de Markovitch (1966), que dans la seconde moitié du XIX^e siècle, la consommation industrielle représentait la moitié de la consommation alimentaire, ce qui porte à environ 11 kg par tête la consommation totale d'huiles et graisses en France en 1850.

Tableau 7.3 : Consommation d'huiles et graisses par tête en 1909-13

	Allemagne	Angleterre	Etats-Unis	France
Consommation par tête (kg)	19	22	17.4	16
% végétal	27	42	39	30
% animal	73	58	61	70

Source : IIA (1939) ; Bulletin des Matières Grasses ; Toutain (1971)

L'essor du secteur des huiles (margarines et compounds) en Angleterre et en Allemagne à partir de 1880 et aux USA dans la première décennie du XX^e siècle place ces trois pays à la veille de la première guerre mondiale dans une position de transition marquée vers le végétal qu'emprunteront tous les pays de la planète tout le long du siècle. Symptomatiquement, de 30 % en 1899, la part des huiles végétales dans les margarines européennes passe à 45% en 1913 grâce aux industriels Wesson et Normann. Elle va s'accroître rapidement après le conflit pour atteindre 94 % en 1928¹⁵.

3. Enfin en guise de transition avec le prochain chapitre : un choc, la guerre, « Le Feu » dira Barbusse, la guerre qui, en détournant le commerce des palmistes de Hambourg vers la Grande-Bretagne, le commerce du suif d'argentine vers les USA, le commerce de coprah de Marseille et Hambourg vers les USA, bouleverse les réseaux d'échange et révèle les faiblesses de nations autrefois autosuffisantes en graisses alimentaires comme la France (son premier déficit en graisse animale alimentaire date du conflit) et les Etats-Unis, confrontés à une réduction de leur approvisionnement en graisses animales et dont les besoins énormes de l'industrie des *compounds*, *shortenings* et autres margarines trouveront dans les huiles végétales comme la coco, l'arachide et le soja des substituts de qualité après l'importation en 1915 du procédé d'hydrogénation¹⁶. Le suif et le lard manquent ou sont hors d'atteinte : les modifications de la demande qui en découlent vont perdurer. On quitte un monde familier où beuglaient les bœufs, grognaient les cochons, pour entrer dans la profusion végétale.

¹⁵ Bulletin des Matières Grasses, div. n°.

¹⁶ De surcroît, la couleur jaune que produit naturellement l'introduction d'huiles d'arachide et de soja dans les margarines rendra inopérante la taxe sur les corps gras artificiellement colorés (on colorait en jaune la margarine pour la faire ressembler au beurre) en vigueur depuis 1902.

CHAPITRE 8

GUERRES, GRAIN, GRAS

« Au duel tragique des canons succédera, sans tarder, une autre lutte, celle-ci sur le terrain économique, âpre et ardente, où le vaincu subira un servage plus lourd peut-être, plus dégradant sûrement que le joug brutal de la force qui laisse place au moins au désir et à la possibilité de revanche, sentiment conservateur d'énergie et régénérateur. [...] Maîtrise des débouchés, maîtrise des matières premières signifieront autant et peut-être mieux qu'annexion, l'assujettissement des nations imprévoyantes qui n'auront pas su s'assurer à temps les uns et les autres. Matières premières et débouchés, c'est autour de ces mots qu'évoluera le monde de demain et ces mots sont la définition la plus exacte, la plus précise de ce que nous appelons, économiquement parlant, un empire colonial. » M. De Roux s'emporte, M. De Roux frémit, rapporteur général à la section Oléagineux du ministère des Colonies français en 1918, M De Roux exhale à la conquête¹⁷. Après avoir rappelé « qu'il a fallu la guerre avec sa durée imprévue et sa conséquence, 'la menace de la disette', pour nous forcer à regarder vers ces sources si longtemps négligées », il dresse l'inventaire des richesses oléagineuses de la « seconde puissance coloniale du monde ». Et tout à coup sa mine s'allonge. Sur le million de tonnes de graines oléagineuses importées en France en 1913, 30% seulement proviennent des colonies, le reste de l'étranger. La situation des huiles est un peu meilleure, avec une proportion de 45% (si on exclut l'huile d'olive) ; quant aux tourteaux, 99%, rien de moins, proviennent de l'étranger (tableau 8.1) : une honte nationale.

¹⁷ Congrès d'Agriculture Coloniale, 21-25 mai 1918.

Tableau 8.1 : Importations en France (poids en milliers de tonnes) en 1913

	<i>de l'étranger</i>	<i>des colonies</i>	<i>Total</i>
Graines oléagineuses	686	277	963
Huiles	17	14	31
Tourteaux	168	0.2	168
Huile d'olive	4	11	15

Source : Congrès d'Agriculture Coloniale, 1918

« La mise en valeur [des colonies] est la suprême chance de la France », M De Roux se ressaisit, il martèle, solennel. Vingt ans plus tard, tandis que la croissance de la consommation d'huiles et graisses par tête s'accélère pour égaler en vingt ans ce qu'elle fut en moyenne sur une période deux fois plus longue, entre 1860 et 1913, la France aura réduit à 1/3 de sa consommation nationale la dépendance étrangère en corps gras, une proportion égale étant occupée par les productions métropolitaine et coloniale. M. De Roux a été entendu.

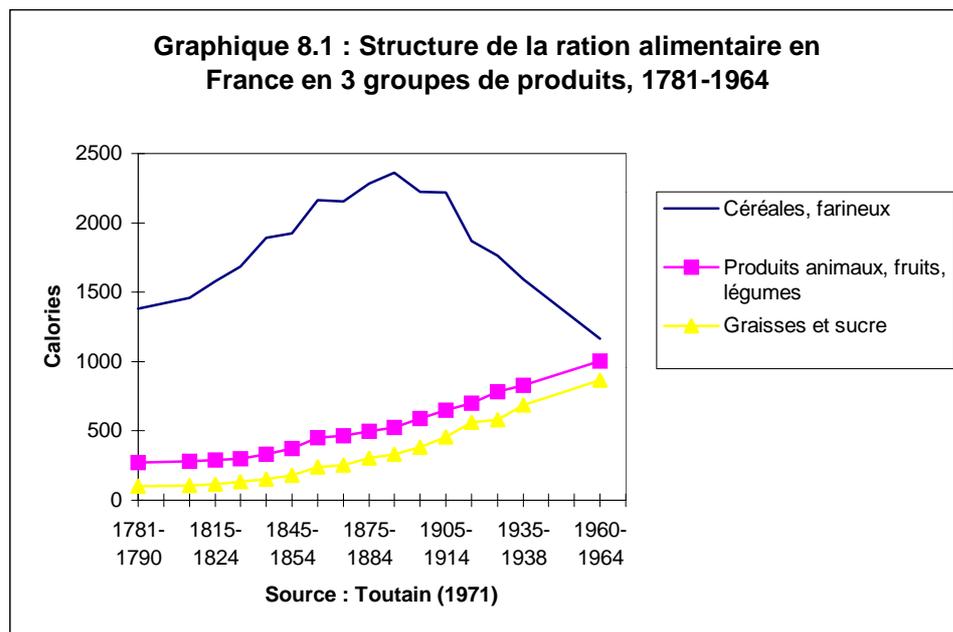
Transition alimentaire et exploitations tous azimuts de territoires protégés sont les deux premières parties de ce chapitre. Dans un troisième temps, nous nous pencherons sur les effets que la transition alimentaire et le protectionnisme ont produits sur la géographie du commerce avant la seconde guerre mondiale.

I) Une transition alimentaire : lipides et sucre

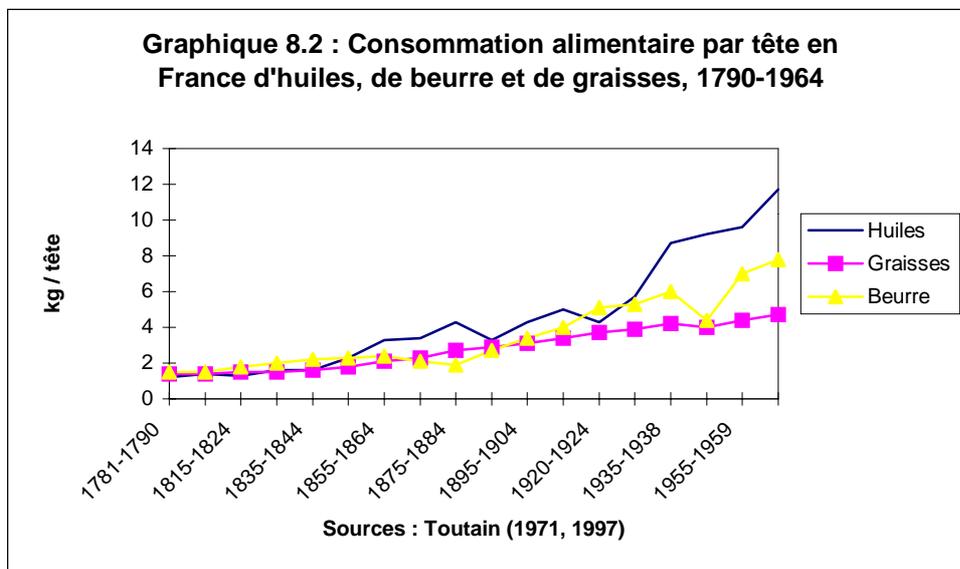
1) En Europe puis en Asie

L'évolution de la ration alimentaire en France de 1789 à 1964 a été étudiée par Toutain (1971). On passe ici en revue ses principaux résultats. Tout d'abord, et pour résumé, l'évolution de la ration alimentaire est caractérisée, sur un peu plus d'un siècle et demi, par la régression des céréales et des légumes, un accroissement de la consommation des produits animaux, et parmi les végétaux, des fruits et légumes, estimé au double de celui de la consommation totale ; enfin par un taux de croissance à long terme très fort (4 à 6 fois supérieur à celui de la consommation totale) du sucre, d'huiles et de pommes de terre. « Ce processus », écrit Toutain en 1971, « est conforme

à celui que l'on observe dans la plupart des pays aujourd'hui : croissance des aliments traditionnels dans un premier temps, l'amélioration de l'agriculture se produisant d'abord dans le cadre des structures existantes ; dans un deuxième temps, les aliments dits protecteurs (produits de l'élevage et des jardins) tendent à remplacer les produits du premier groupe ; dans un troisième temps, la part des matières grasses et des sucres tend à devenir prépondérante ». C'est en 1890 en France que s'observe l'accroissement préférentiel de la consommation des produits du second groupe (graphiques 8.1 et 8.2). A cette date, l'ensemble de la consommation calorifique tend vers sa limite asymptotique.



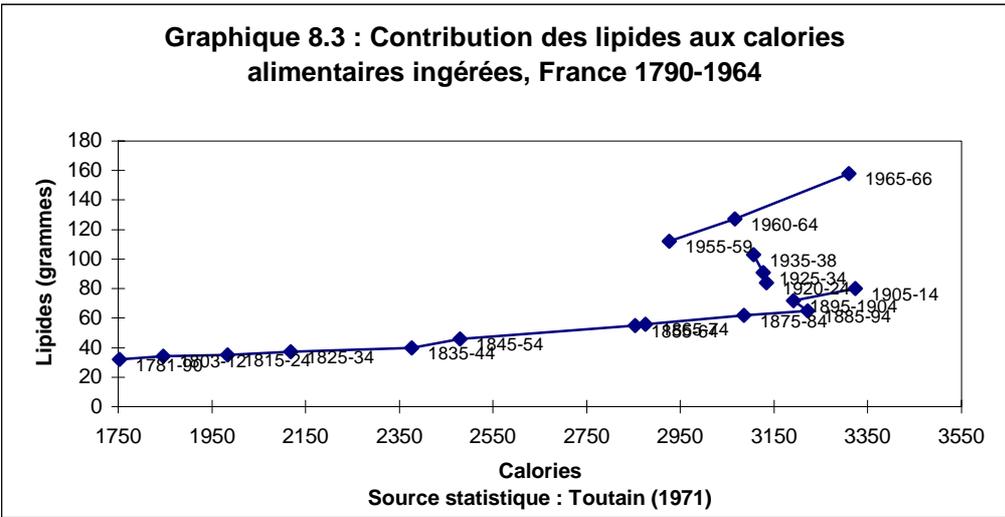
Ce n'est en effet qu'une fois atteint « un certain niveau de saturation calorifique (3200 calories environ, atteintes en France, d'après nos calculs, vers 1880) que s'opère, en même temps qu'un certain tassement du niveau calorifique moyen, un remaniement du contenu du 'panier de provision', sous la pression conjuguée d'une certaine satiété 'quantitative' et d'un souci 'diététique' empirique de diversification de régime. » (Toutain, 1971).



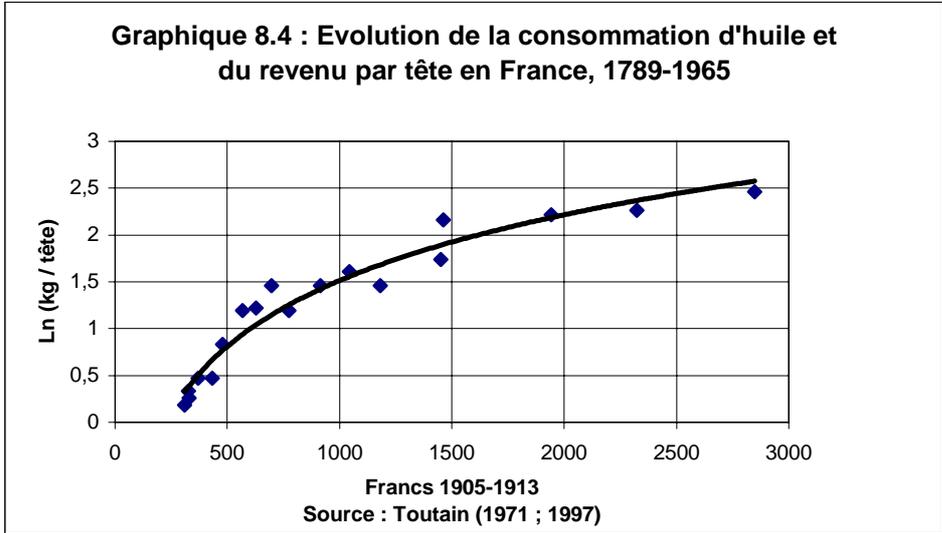
Dans un second temps, à partir des années 20 et 30, c'est le troisième groupe qui prend son essor. « Le résultat de ces transformations de structure est qu'en 180 ans, la part des farineux et céréales a baissé de moitié, celle des produits de l'élevage et des jardins a doublé, celle des matières grasses et du sucre a quintuplé. » (Toutain, 1971 : 2010-11).

L'étude historique de la contribution des lipides aux calories totales est éclairante : elle confirme le « coude » dans l'évolution de la consommation des huiles que l'on observe sur le précédent graphique autour de 1920-1930. L'évolution de la contribution des lipides (mesurés en grammes) dans l'alimentation (en calories) depuis la fin du XVIII^e siècle montre la rupture survenue dans le régime alimentaire durant l'entre-deux guerres (graphiques 8.3).

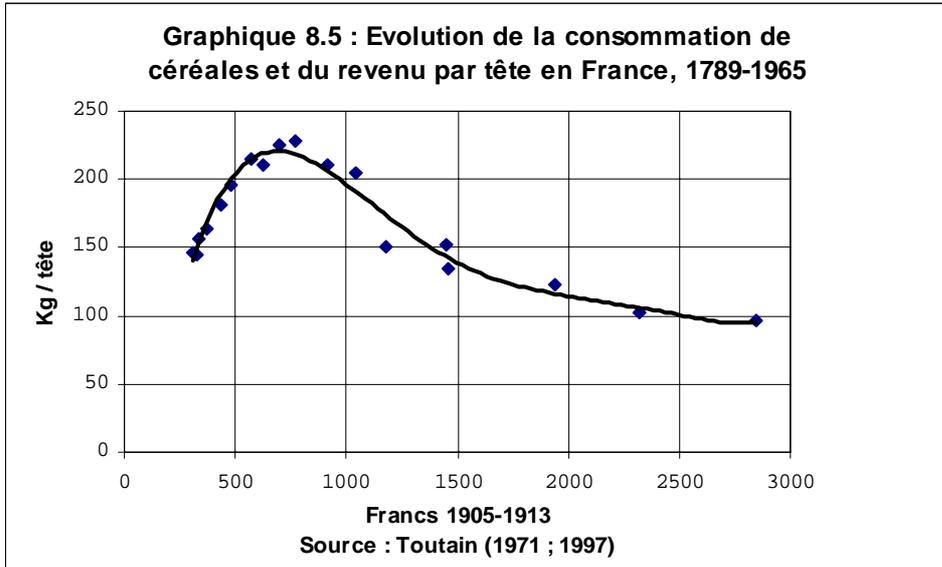
Graphique 8.3 : Contribution des lipides aux calories alimentaires ingérées, France 1790-1964



Graphique 8.4 : Evolution de la consommation d'huile et du revenu par tête en France, 1789-1965



Graphique 8.5 : Evolution de la consommation de céréales et du revenu par tête en France, 1789-1965



Au total, la consommation alimentaire d'huiles et graisses en France passe de 13 kg en 1920-24 à 19 kg en 1935-38 : sa croissance (46%) est le double de celle du revenu. Le calcul de l'élasticité revenu et de l'élasticité prix montre à cet égard que sur l'ensemble des données prix et volumes fournies par Toutain (1961, 1971, 1997), soit la période 1835-1964, l'élasticité revenu est supérieure à 1 ; l'élasticité prix calculé grâce à un indice des prix des oléagineux domestiques est faible mais non significativement non nul (tableau 8.2).

Tableau 8.2 : Calcul des élasticités revenu et prix de la consommation d'huile France 1835-1964

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

1. Constant	-5.789546817	1.313713811	-4.40701	0.00226544
2. PRIXHUILES	-0.087616446	0.106844366	-0.82004	0.43594394
3. REVENU	1.132503702	0.255511829	4.43229	0.00219030
R ² centré = 0.83				

Intégrées dans des produits vendus à bas prix - les margarines -, les huiles bénéficieraient d'un effet Giffen, en devenant un produit refuge en cas de crise. En Allemagne effectivement, la Vitello de Van der Bergh, créée dans les années 80, s'impose comme un produit de consommation populaire, de masse, dans les années 30, à côté des cafés, fromages, soupes, chicorées aux marques célèbres dont certaines existent toujours. Ce qui n'a pas échappé à Gunther Grass lorsqu'il décrit les devantures offertes aux yeux du *Tambour* Oscar : « Restée sur la faim [...] maman avec moi [...] remontait lourdement le Labesweg vers la boutique, les flocons d'avoine, le pétrole à côté du tonnelet de harengs, [...] les amandes et les épices à pudding, Persil reste Persil, Urbin les fromages, Maggi la soupe et Knorr les potages, la chicorée Kathreiner et le café Haag décaféiné, Vitello et Palmine margarines [...] » (Grass, 1961). La haute intelligence de Lever du marketing et de la publicité ont convaincu les plus réticents¹⁸. « Oscar portait son tambour à l'arrière-garde et considérait le couvercle du cercueil où il lisait : Vitello-Margarine - Vitello-Margarine - Vitello-Margarine ; cette inscription trois fois superposées à intervalles réguliers confirmait à titre posthume les goûts de la mère

¹⁸ Après avoir été décrite comme « *just like the best butter* » la margarine dans les années 30 est vantée pour ses propres mérites. Goût, fraîcheur, parfum, tartinabilité. La mise en avant de tels mérites perdure encore.

Truczinski. De son vivant, elle avait préféré au meilleur beurre la bonne margarine Vitello exclusivement aux huiles végétales ; parce que la margarine est hygiénique, garde la santé, nourrit et rend gai. » (Grass, 1961).

Dans tous les pays industrialisés, la consommation d'huiles et graisses décolle en dépit du ralentissement de l'activité économique entre 1930 et 35 (tableau 8.3) avec substitution du végétal à l'animal (l'exemple du précurseur américain est fourni tableau 8.4).

Tableau 8.3 : consommation d'huiles et graisses par tête dans différents pays 1909-1938

	1909-13	1932-1936	1934-1938
Allemagne		19,2	27,2
Argentine^a			18
Autriche^a			18
Danemark			31,7
Finlande^a			15,1
France	16		22
Inde^a			4,8
Italie^a			13,6
Japon^a			4,8
Norvège			34
Pays Bas			29,1
RU	22		27
Suède			27,1
USA	17,4		30,3

^a : consommation alimentaire uniquement.

Sources : IIA (1939) ; Bulletin des Matières Grasses ; Sedes (1964)

Quelque 50 ans plus tard, ce seront les pays en développement d'Asie (Pakistan, Inde, Chine) qui, les premiers, suivront une évolution similaire du grain au gras (graphique 8.6, cas de la Chine, à rapprocher de l'exemple français précédent). Deux chercheurs américains¹⁹ ont montré que la transition alimentaire des pays en développement, d'un régime riche en glucides lents et en fibres vers un régime riche en graisses et en sucre, survenait à seuil de revenu bien inférieur à celui observé lors de la transition alimentaire des pays industrialisés amorcée entre les deux guerres : le passage du grain au gras se fait beaucoup plus tôt aujourd'hui, i.e. plus bas dans l'échelle des revenus.

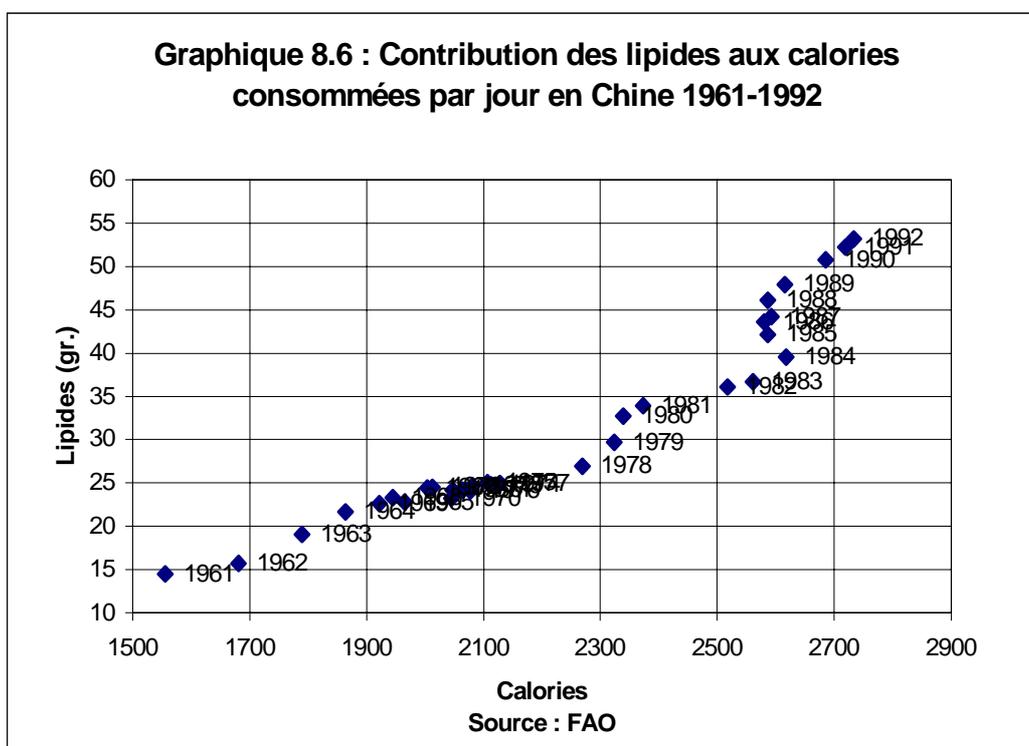
¹⁹ Drewnowski A. et B.M. Popkin (1997).

Tableau 8.4 : consommation d'huiles et graisses par tête aux USA, 1921-25

HUILES	% conso totale	GRAISSES	% conso totale
Coton	20	lard	30
lin	12	suif	6.6
coco	9	oleo	2.8
olive	2	poisson	2.6
maïs	1.9	autres	7
palme	1.7		
bois de Chine	1.5		
ricin	0.7		
arachide	0.4		
soja	0.3		
palmiste	0.2		
TOTAL VEGETAL	51	TOTAL ANIMAL	49

Sources : IIA (1939) ; Bulletin des Matières Grasses

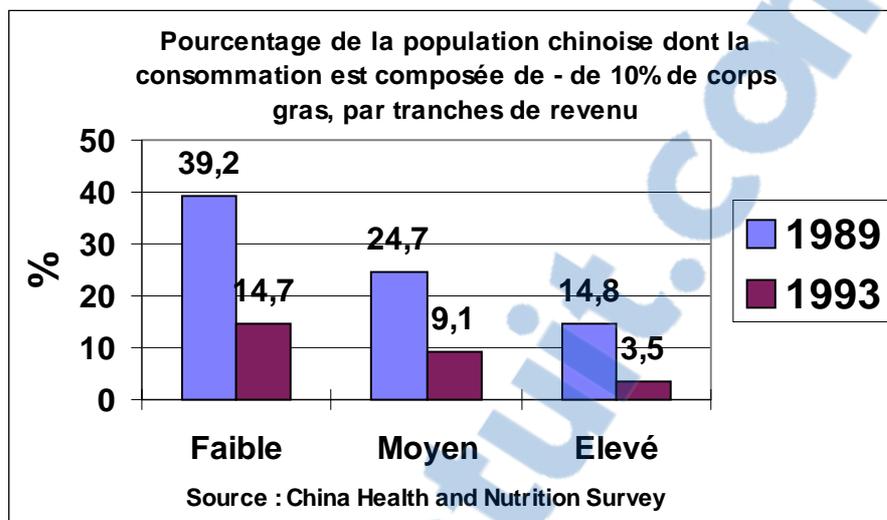
Graphique 8.6 : Contribution des lipides aux calories consommées par jour en Chine 1961-1992



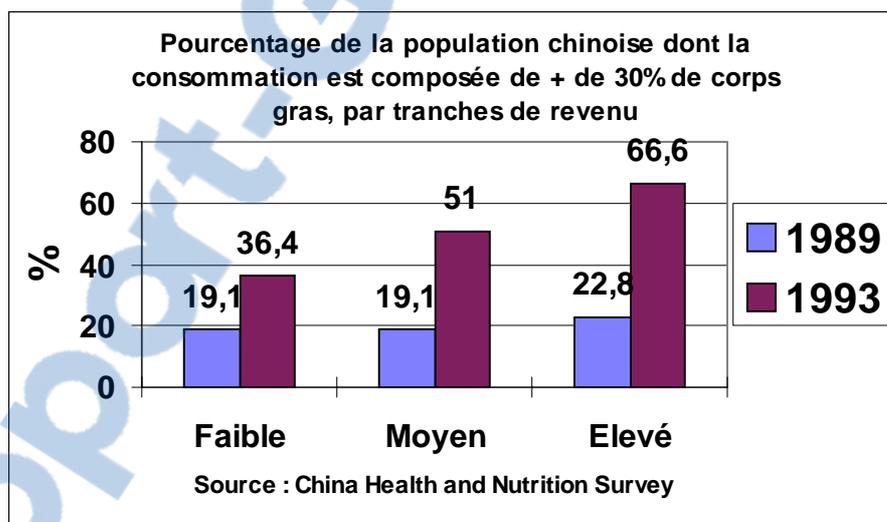
Ainsi en Asie, région où le régime traditionnel est décrit comme riche en glucides et pauvre en graisses, on observe entre 1975 et 1994 un déclin des glucides au profit des lipides et ce quel que soit le niveau de revenu, avec une accélération notable depuis la fin des années 80. En découpant un échantillon de la population chinoise en trois terciles, Drewnowski et Popkin (1997) démontrent que la part de la population dont la consommation est composée de moins de 10% de corps gras s'est réduite toutes tranches de revenu confondues (graphique 8.7). Un résultat similaire est apportée par l'étude de la part de la population dont la consommation est composée de plus de 30% de corps gras (graphique 8.8). Le goût inné pour le gras et le sucre ne s'estomperait, selon eux, que dans le cas du sucre au fur et à mesure que l'enfant grandit. Il est probable, au terme de cette étude, qu'un régime alimentaire dont les calories sont fournies à 35 % par les graisses deviendra la norme ; que les nouveaux modes de consommation sont irréversibles ; enfin que la consommation de graisses alimentaires ne connaîtra demain, pas plus qu'hier, de « freins » physiologiques²⁰. Pourvoyeuses d'oléagineux à l'exportation avant la première guerre mondiale (les premières exportations de soja datent de 1906 : elles proviennent de Mandchourie ; l'Inde, comme l'Afrique, exportait ses arachides), l'Inde et la Chine accusent tour à tour un déficit domestique de leur production oléagineuse dans les années 70 et 80 (graphiques 8.9) en dépit, pour la première, d'une ambition affichée d'auto-suffisance alimentaire (Dorin, 1994). L'ambition n'y peut rien : les graisses, l'huile, manquent, la demande est supérieure à l'offre sous l'effet des changements de régime alimentaire, dans les années 30 en Europe, dans les années 70 et 80 en Asie.

²⁰ Sur la multiplication des cas d'obésité dans les pays à faible revenu, se reporter à Kumanyika (1994) ainsi qu'à Popkin B.M. *et alii* (1996).

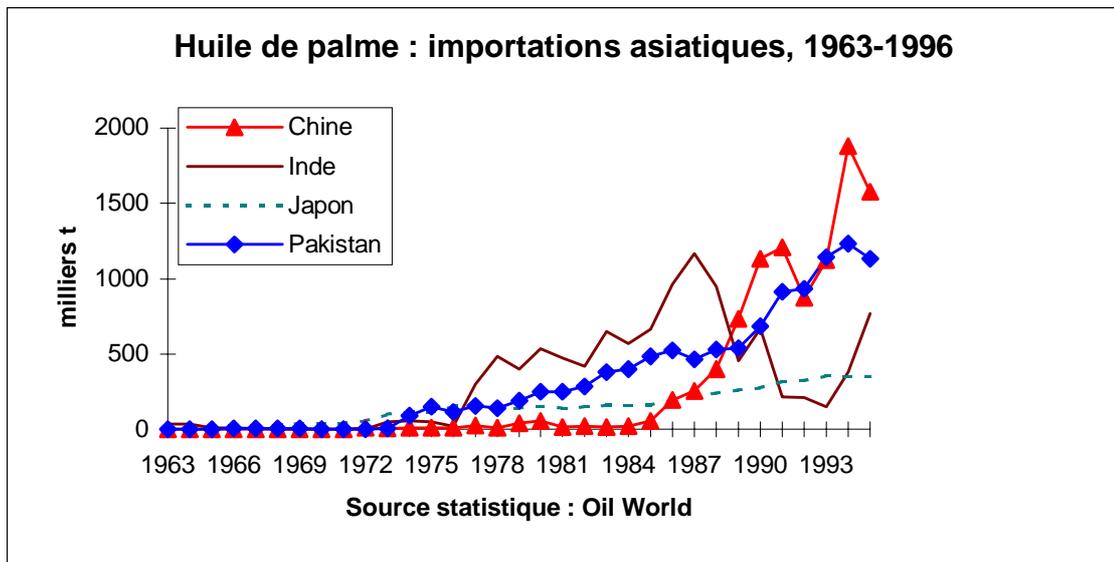
Graphique 8.7



Graphique 8.8



Graphique 8.9

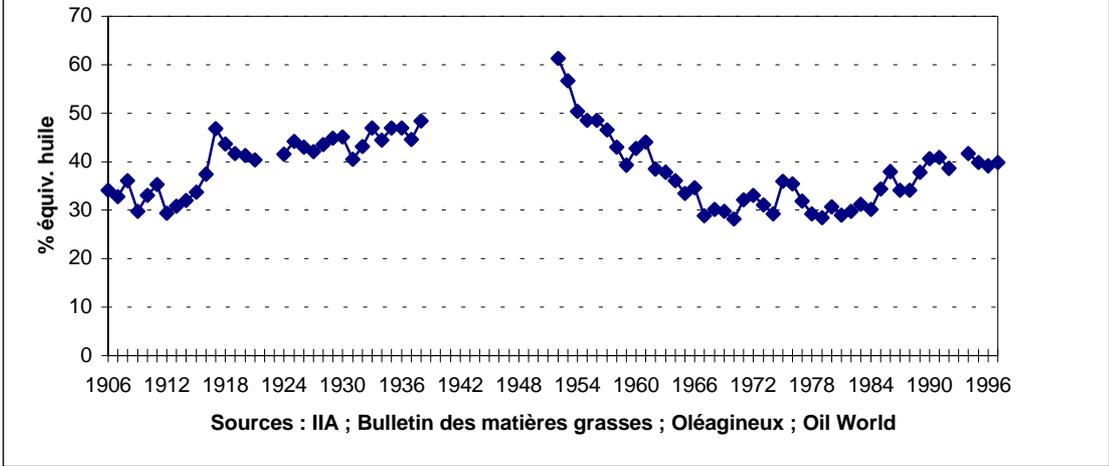


La concomitance, à deux reprises, d'une transition alimentaire rapide vers un surcroît de consommation de graisses et deux régimes de haute volatilité (années 30 et 70-80, cf chapitre 5) suggère l'existence d'un lien de causalité. Pour le trouver, nous revenons à la première transition alimentaire, celle des années 30 en Europe dont nous abordons les effets sur le commerce (l'Asie est renvoyée au dernier chapitre de cette partie).

2) Les effets de la transition alimentaire sur l'échange

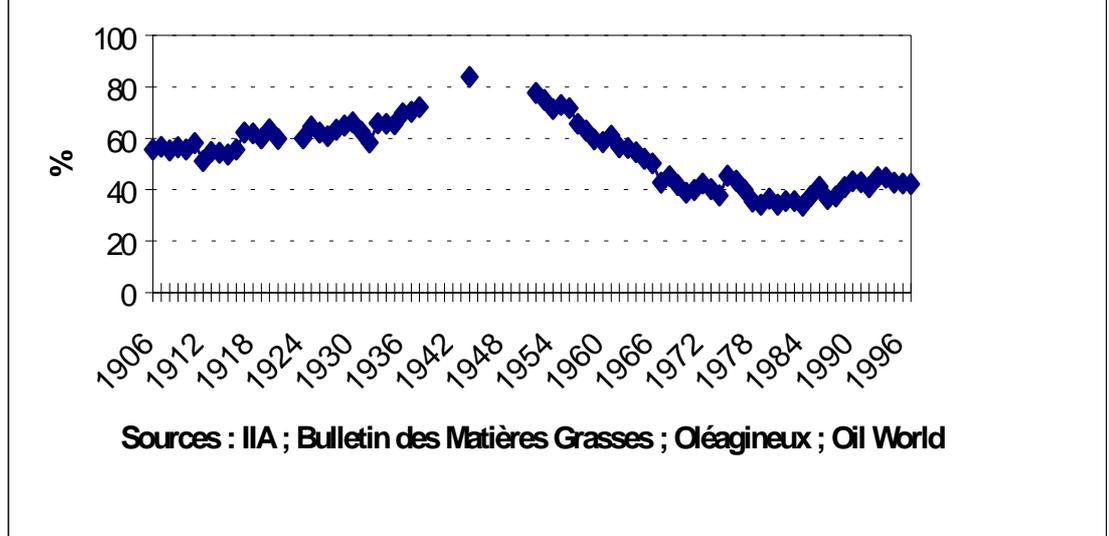
Les oléagineux les plus riches en huile, au premier rang desquels on trouve le coprah (avec un taux d'extraction de l'ordre de 60 %) et le palmiste (idem) ainsi que l'huile de palme, sont recherchés par la Grande-Bretagne, les USA, l'Allemagne, la France (graphique 8.10). Ce sont, plus généralement, les oléagineux tropicaux (arachide, coton, sésame, palme, palmiste, coprah) qui pour des raisons évidentes de teneur en huile et de disponibilité, sont convoités (graphique 8.11, commerce intra UE actuelle exclu). Le soja américain 20 ans plus tard leur ravira la prééminence.

Graphique 8.10 : Part des oléagineux pérennes (coco, palmiste, palme) dans le commerce mondial des huiles et oléagineux

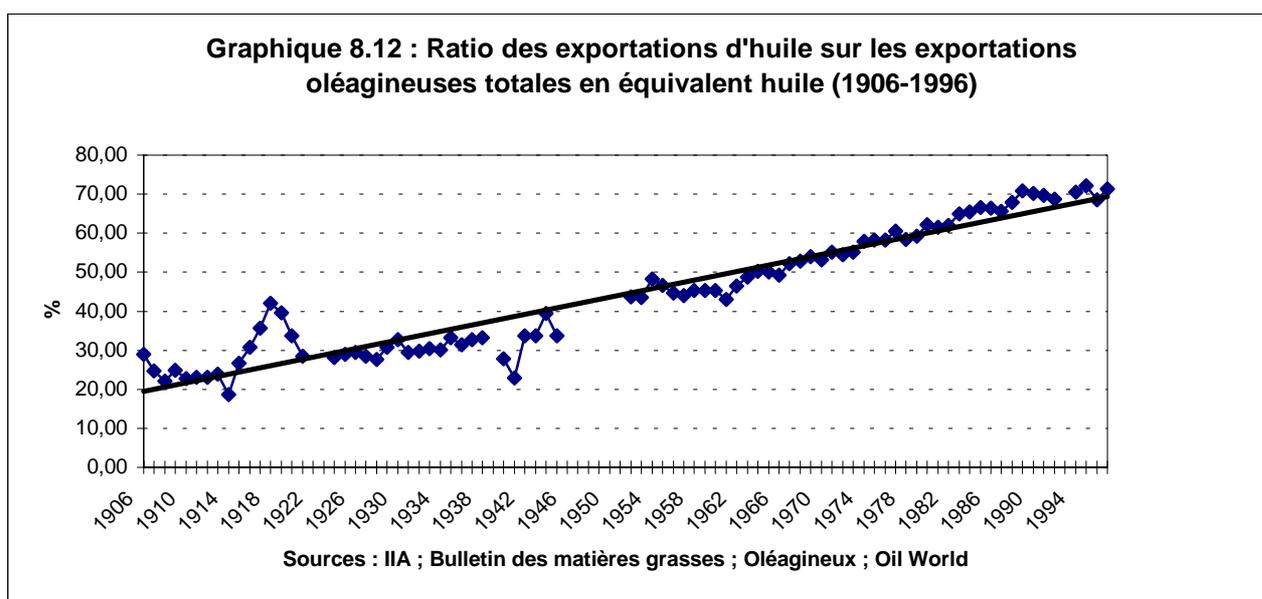


Graphique 8.11

Part des oléagineux tropicaux (arachide, coton, sésame, palme, palmiste, coprah) dans le commerce mondial des huiles et oléagineux (équiv. huile)



Par ailleurs, en plus de la substitution du végétal à l'animal, l'urgence d'un approvisionnement régulier et abondant en huiles de l'industrie favorise l'importation d'huiles plutôt que de graines, et inaugure une tendance croissante de la part des huiles dans le commerce mondial des huiles et graines en équivalent huile dont la pente nous porte encore (graphique 8.12).



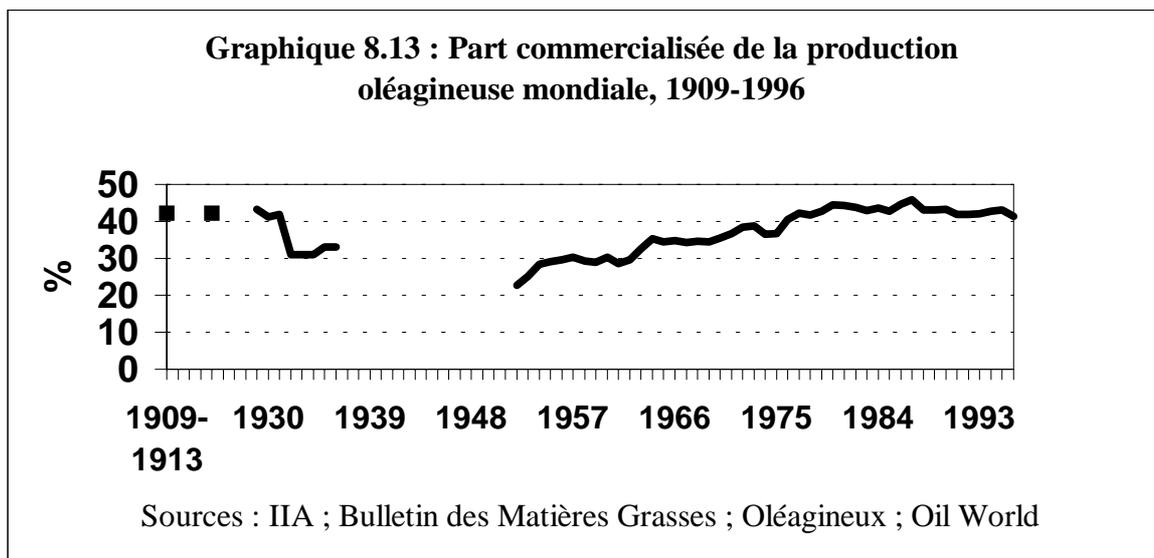
Mais où s'approvisionner ? Chez les autres, puisqu'on ne trouve rien chez soi : chez les autres et chez soi tout ensemble : dans les colonies. La nullité des droits de douane en Allemagne, et en France jusqu'à 1934, sur les importations de graines oléagineuses ôtait toute espoir d'une relance prompte de la culture de colza, la seule production domestique susceptible de concurrencer le coton égyptien, l'arachide sénégalais ou le coco philippin. Pour compliquer le tout, les prix d'autres cultures agricoles, en premier lieu les céréales et les betteraves à sucre, devenaient de plus en plus avantageux dans un pays comme l'Allemagne après 1930 relativement à ceux des oléagineux : l'importation des céréales était frappée d'un fort droit de douane en soutien aux prix domestiques. Entre 1932 et 1934, les barrières sont dressées aux USA, en Grande-Bretagne, en Allemagne, en France. A un modeste niveau puisque les importations nettes de substances alimentaires en Europe en 1925 sont estimées à plus de 3.500 millions de dollars US, dont seulement 500 millions de dollars d'oléagineux²¹, l'économie des corps gras entre après une intensification des échanges durant les années

²¹ Delaisi (1929)

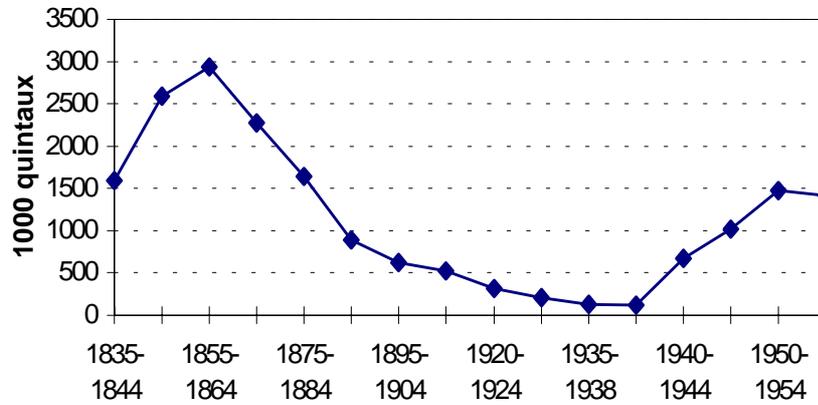
20 dans une ère de cloisonnement, de segmentation de son commerce qu'inaugure le krach de 1929. On peut, avant de passer à la suite et sans la précipiter, préciser que le niveau de commercialisation de la production oléagineuse mondiale, commerces colonial et communautaire exclus, ne retrouvera son niveau de 1913 qu'au milieu des années 80 (graphique 8.13). La longue parenthèse protectionniste commence.

II) Protectionnisme et préférence pour l'Empire

Les craintes d'une pénurie de graisse bon marché exprimées par Napoléon III cinquante ans plus tôt, conservant toute leur actualité, la France après la guerre mais aussi l'Allemagne, l'Angleterre et les Etats-Unis vont dans un premier temps, dans un climat de suspicion réciproque, parer au plus pressé : privilégier la traque des huiles « toutes prêtes » (palme, baleine), des oléagineux riches en huiles (coprah, palmiste et arachide) au détriment des oléagineux choisis pour leur tourteau (coton, lin). L'effondrement de la production oléagineuse domestique (en France graphique 8.14 et en Allemagne graphique 8.15) suscite on l'a dit à partir de la première guerre mondiale un émoi persistant dans les bureaux ministériels.

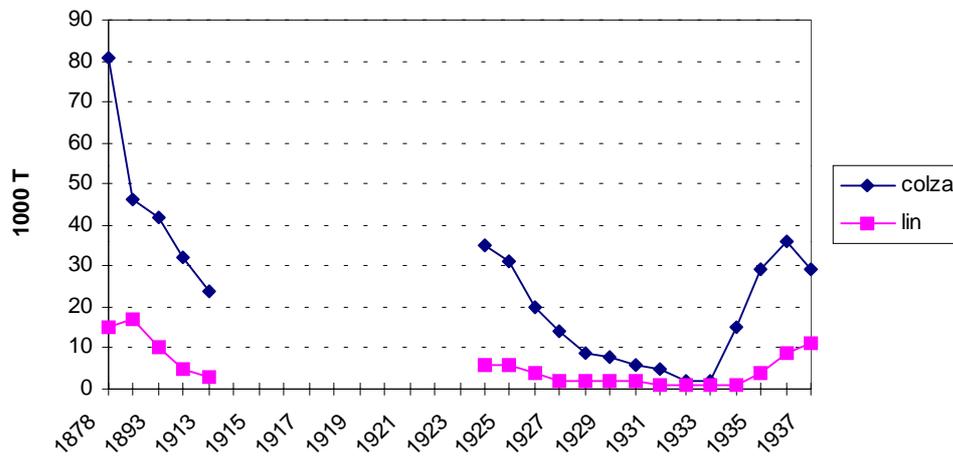


Graphique 8.14 : Production oléagineuse métropolitaine, France, 1815-1958



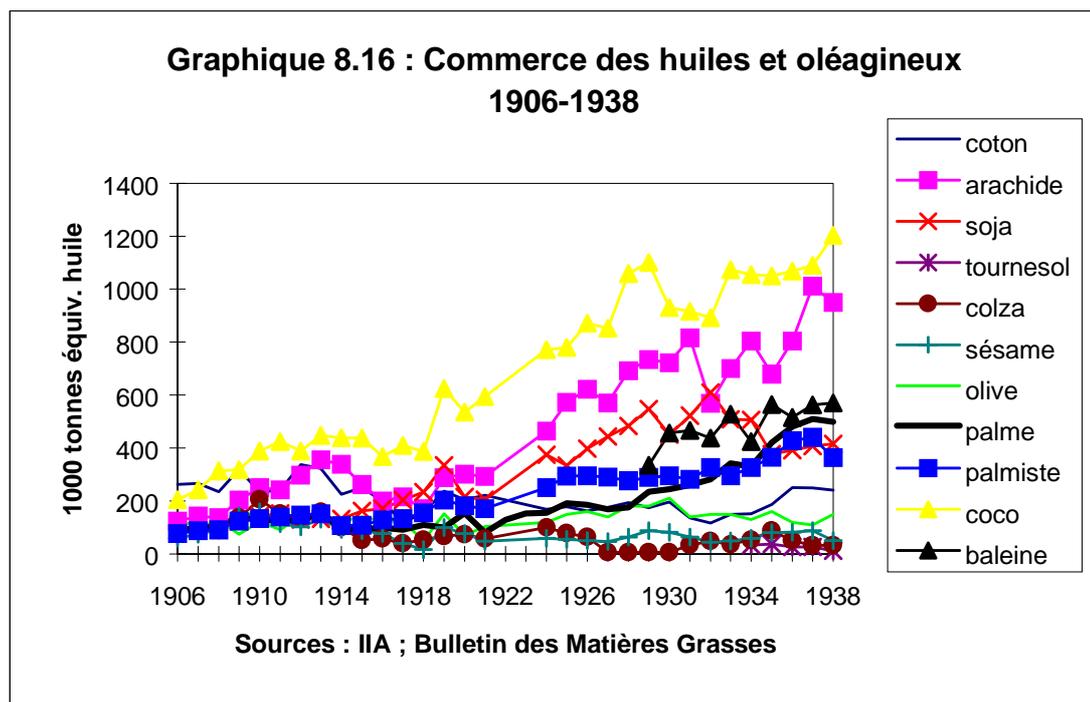
Sources : Toutain (1961 : 15)

Graphique 8.15 : Production d'huile en Allemagne à partir d'oléagineux domestiques, 1878-1937



Source : IIA (1939)

La reconstitution du commerce annuel dans le monde des huiles et oléagineux en équivalent huile entre 1906 et 1938 montre la rupture dans la croissance des échanges que marque la sortie du premier conflit mondial (graphique 8.16). Le coton disparaît du trio de tête ; l'arachide, la coco et le palmiste reprennent leur sentier de croissance d'avant guerre ; le soja est en embuscade ; l'huile de palme est avant la fin des années 20 une huile marginale dans l'échange.



Détaillons maintenant les politiques douanières de la France, de l'Allemagne, des USA et du Royaume-Uni. En France, ce n'est qu'à partir de 1933 que « les fruits et graines oléagineux ont vu prendre à leur égard un certain nombre de mesures destinées à protéger ceux originaires des colonies françaises, contre ceux en provenance de l'étranger » (IIA 1939 t.2 : 302). La loi prévoyait que « le budget métropolitain concourrait, dans la limite d'un maximum de $\frac{3}{4}$ du supplément du produit résultant de l'application du nouveau tarif douanier, à la suppression des taxes de sortie et à la réduction des tarifs des transports intérieurs, à l'allocation de subventions aux sociétés officielles de prévoyance et organisations agricoles similaires et, d'une manière générale, à toutes mesures susceptibles d'améliorer la production et de bénéficier directement au producteur local » (id.). Les importations de graines de coton, de lin et de soja sont contingentées ; un régime de faveur est accordé aux graines coloniales

d'arachide, de coprah et de palmistes. Les importations d'huiles sont également contingentées ; un décret de 1934 pose le principe de la priorité d'admission des huiles de palme et de palmiste d'origine coloniale. En 1938, la moitié des importations oléagineuses et les 2/3 des importations d'huiles (huile d'olive exclue) de la France proviennent de ses colonies.

En Allemagne, le *Plan de la graisse* de 1933 envisage en premier lieu un contingentement de la production de margarine à 60% des quantités fabriquées pendant le dernier trimestre 1932 et la perception d'une taxe de compensation sur la margarine, les graisses végétales et les huiles comestibles. Tous les excédents provenant de cette taxe de compensation sont affectés à divers encouragements de l'activité des laiteries et à la subvention des prix des graisses en faveur des 30 Mn d'indigents que compte l'Allemagne en 1936-37²². Un « bon de réduction » est créé à cette fin et donne droit à l'achat de 1 kg de graisses de toutes sortes par mois avec une ristourne de 0,5 marks/kg. Les droits frappant la margarine sont relevés de 30 à 75 marks et ceux des graisses alimentaires artificielles de 12,5 à 70 marks/q. Les droits d'importation du saindoux, du suif, de la panne, du premier jus, de l'oléomargarine et du "neutral lard" sont relevés à 100 marks / q ; un prix fixe (32 marks en 1937) est garanti aux producteurs de colza et de lin. La production d'huiles végétales à la suite de ces mesures passe de moins de 3000 tonnes en 1933 à 45000 tonnes en 1936.

Tableau 8.5 : Droits de douane sur le marché allemand en reichsmarks/q., 1909-36

	1909-1913	1926	1930	1933	1936
<i>Beurre</i>	20	27,5	50	75	75
<i>Lait</i>			5	5	5
<i>Margarine</i>	20	20	20	75	75
<i>Lard</i>	36	14	14	60	20
<i>Saindoux</i>	10	6	6	100	40
<i>Huile de baleine</i>	3	-	-	-	-
<i>Huiles végétales</i>	4	4	4	4	4
<i>Oléagineux</i>	0-0,75	-	-	-	-
<i>Tourteaux</i>	-	-	-	-	-
<i>Œufs</i>	2	5	5	30	30
<i>Fromages</i>	15-20	20	20	20	20
<i>Suif</i>	2,5	2,5	2,5	100	30

Sources : IIA (1939) ; Supplément au Bulletin Quotidien, juillet 1939.

Aux USA le *Tariff Act* de 1930 frappe les importations de beurre et de margarines, de saindoux, de lard, d'oléo ; les graines de lin, d'arachide, de soja, de ricin de coton ; les huiles d'olive, de lin, d'arachide, de sojal, de coton, de ricin, de sésame, de chanvre de colza. Il est complété par les *Revenue Act* de 1934, 36, 38 (taxes d'accise).

Tableau 8.6 : Droits de douane et taxes d'accise, USA 1913-1936

	T. Act 1913	T. Act 1922	T. Act 1930	Rev. Act 1934	Rev. Act 1936
Beurre	2 ½ cents	12 cents	14 cents		
Saindoux	exempté	1 cent	3 cents		
Oléo	15% Ad Val	1 cent	1 cent		
Suif	exempté	½ cent	½ cent		3 cents
Huile baleine	5 cents	6 cents	6 cents	3 cents	3 cents
Huile coco					
- Philip. ²³	exemptée	exemptée	exemptée	3 cents	3 cents
- Autres	3 ½ cents	2 cents	2 cents	5 cents	5 cents
Huile coton	exemptée	3 cents	3 cents		
Huile palmiste	exemptée	exemptée	exemptée		
Huile palme	exemptée	8 cents	12 cents	3 cents	3 cents
Huile arachide	6 cents / gal.	4 cents	4 cents		
Huile de soja	Exemptée	2 ½ cents	3 ½ cents		
Graine soja	Exemptée	1 ½ cents	2 cents		
Arachide ²⁴	3/8	6 cents	7 cents		
Palmiste et coco	exemptés	exemptés	exemptés		

Source : IIA (1939) t. 2

Sont épargnées les huiles de foie de poisson, huiles et noix de babassou, huile de graine de thé, de bois de Chine, d'oiticica, de palme dans l'industrie du fer blanc. En 1929, l'huile de palme est le seul produit oléagineux africain acheté par les USA : elle entre à cette date pour la première fois de son histoire dans l'industrie alimentaire (l'auto consommation des pays africains étant exclue). Sur un tonnage mondial de 235 000 T, les Etats-Unis en absorbent la moitié. Leur part se réduira au tiers en 1936.

²² IIA (1939).

²³ Les produits qui entrent aux Etats-Unis continentaux provenant des 'possessions' des Etats-Unis sont exempts de droits de douane mais « à la suite de l'inauguration du gouvernement du Commonwealth des Iles Philippines, 15 novembre 1935, et dans l'attente de l'indépendance complète (4 juillet 1946), toute huile de coco importée aux USA en provenance des Philippines, en excédent de 200 000 tonnes longues sera soumise au même droit de douane que si elle était importée de n importe quel autre pays » (IIA, 1939).

²⁴ Décortiquées

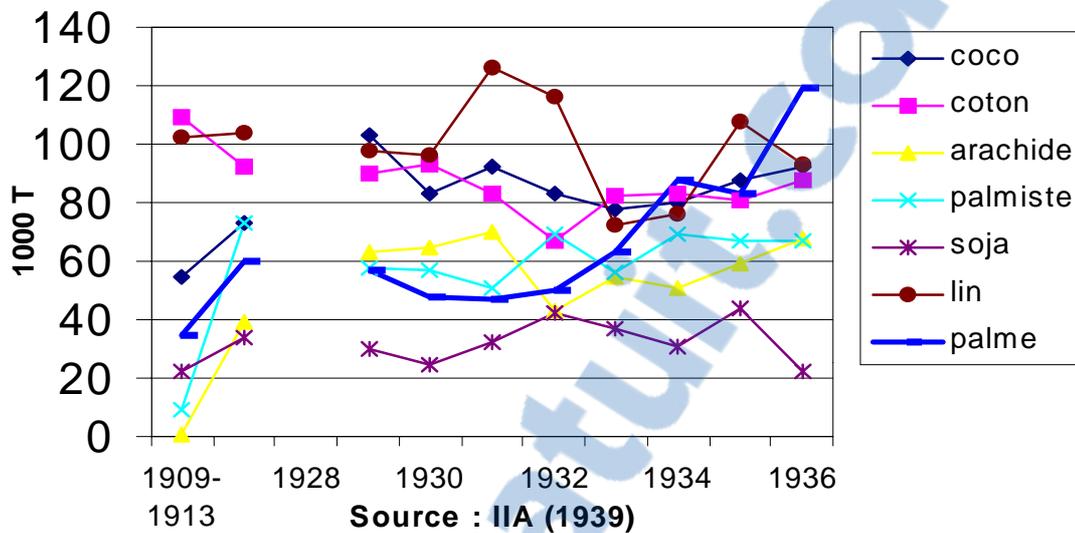
Au Royaume-Uni enfin, la politique générale avant 1932 était une politique de libre concurrence et de liberté de commerce : il n’existait ni droit ni préférence d’aucune sorte. 10 à 15% seulement des besoins en huiles et graisses étaient couverts par la production domestique. Mais après les élections générales de 1931, la politique tarifaire est modifiée : en 1932, un tarif de 10 % *ad valorem* est appliqué à toutes les huiles et graisses de provenance étrangère. Les accords d’Ottawa accordent cette même année une préférence tarifaire au coprah, aux graines de ricin, aux arachides et au suif provenant de l’Empire. Les importations d’huile de baleine franche de droits vont augmenter de 45 000 tonnes par année entre 1933 et 1936, celles d’huile de palme impériale de 33 000 tonnes : ce sont vers elles que se tournent les industriels. En plus de l’ouverture progressive à partir de 1935 du marché de la margarine à l’huile de palme, celle-ci, bénéficiant d’une franchise, se substitue dans la savonnerie au suif d’importation (tableau 8.7). C’est dans l’accroissement de la part de l’huile de palme utilisée dans ce dernier secteur que réside la grande nouveauté des années 30 en Grande-Bretagne : d’une huile de substitution, l’huile de palme prend le statut d’une huile majeure : elle est en 1936 la première huile végétale consommée avec 20 % de part de marché (graphique 8.17). Tout se joue entre 1932 et 1936 : en 4 ans, les accords d’Ottawa font doubler le volume et la part de marché qu’occupe l’huile de palme dans l’industrie britannique, qui depuis l’avant guerre, demeuraient étals.

Tableau 8.7 : Pourcentage de suif et d’huile de palme utilisés dans l’industrie britannique de la savonnerie, 1909-1936

	1909-1913	1936
Suif	50	17
Palme	10	32

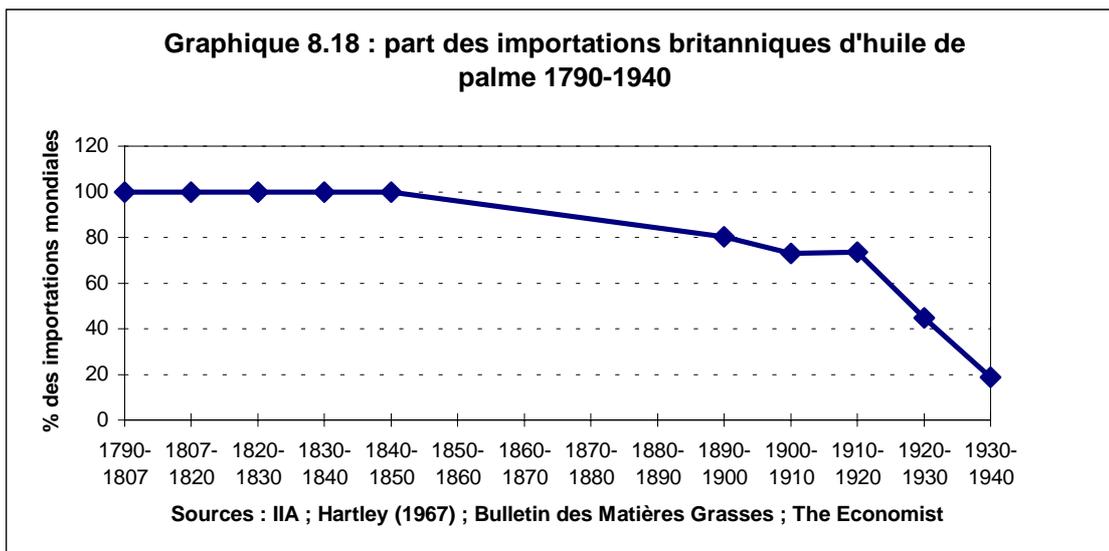
Source : IIA (1939)

Graphique 8.17 : Consommation apparente d'huiles végétales en Grande-Bretagne, 1909-1936

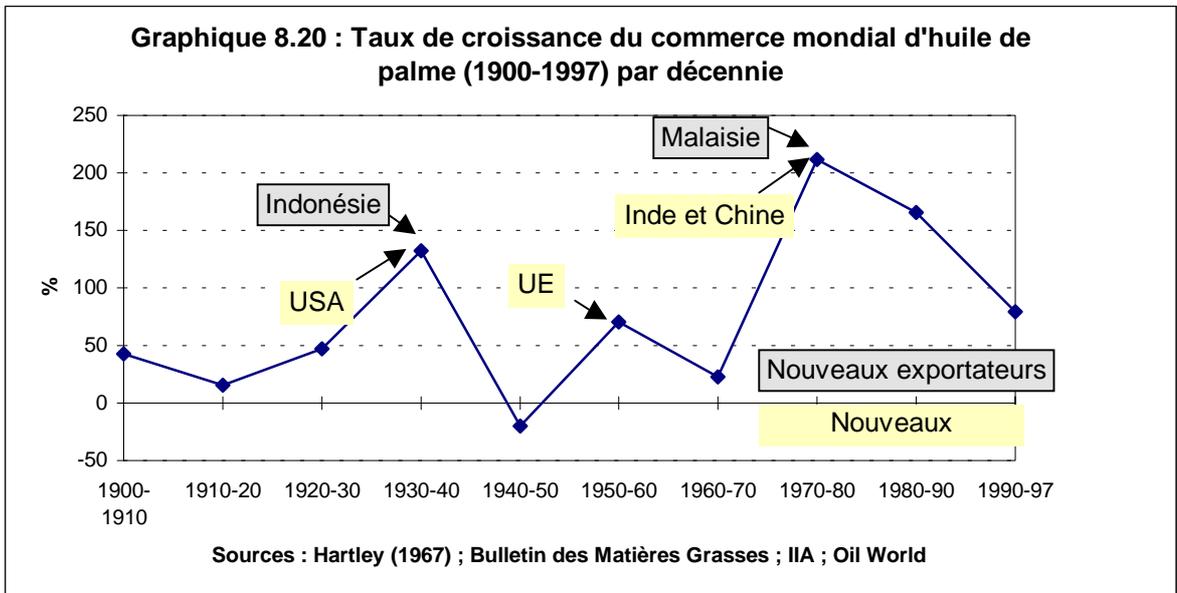
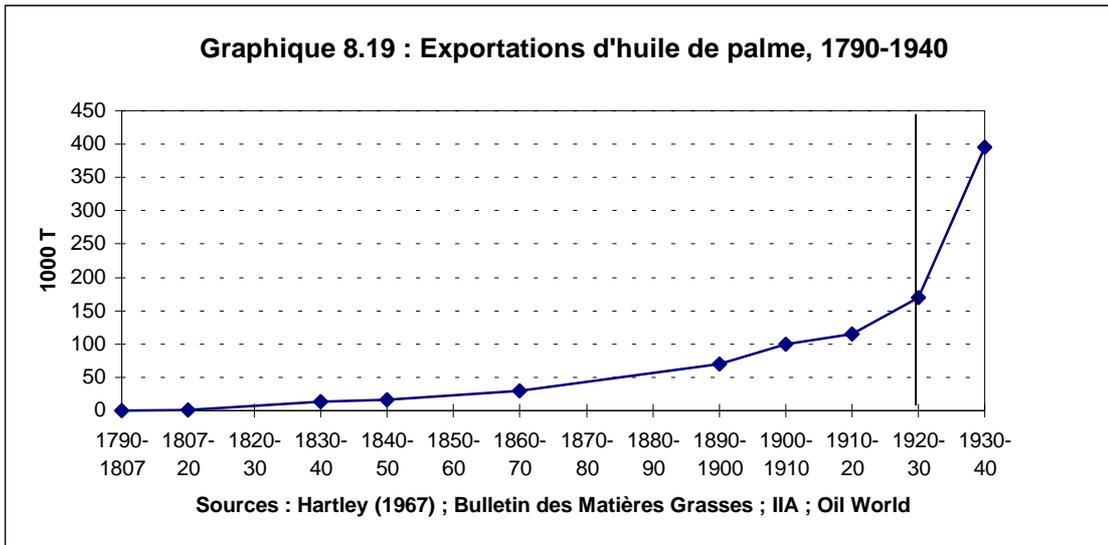


III) Modification de la géographie de l'échange

La transition alimentaire et le protectionnisme ont des effets contrastés sur les échanges d'huiles : la transition alimentaire se traduit par un effet « volume » - la taille du marché s'agrandit dans des proportions inconnues jusque là ; le protectionnisme entraîne la chute de Liverpool et la disparition des quotations mondiales. Alors que les réexportations d'huile de palme depuis Liverpool pouvaient atteindre 60 000 t avant la première guerre mondiale, soit près des 2/3 des importations brutes, elles ne représentent plus que 1% des importations entre 1932 et 1937. Du même coup, si l'on pouvait assimiler les cours de Liverpool à des cours mondiaux avant 1918 – et on ne s'est pas gêné pour le faire -, il n'est plus possible de recourir à semblable formule après les accords d'Ottawa : les cours à Liverpool ne renseignent plus guère que sur l'état du marché britannique.



Tandis que la position de la Grande-Bretagne dans le commerce mondial est ravalée au profit des USA et de la France (graphique 8.18), l'huile de palme voit certes son marché brutalement s'agrandir : seulement ce marché n'est pas intégré : les USA importent la totalité de l'huile des Indes néerlandaises, la Grande Bretagne la totalité de l'huile nigériane, la France la totalité des huiles d'AOF, sans que les cours à Chicago, Marseille et Liverpool conservent un mouvement conjoint. L'agrandissement du territoire de l'échange, qui est indéniable à partir de la fin des années 20 avec les premières exportations de Sumatra et l'entrée en force des USA, accompagné d'un accroissement de la taille du marché mesurée en volume (graphique 8.19), ne trouve pas dans la bouffée de volatilité concomitante des prix de l'huile de palme à Liverpool une manifestation directe de ses effets puisqu'aucun prix n'existe qui rendrait compte de la nouvelle géographie du commerce.



Insistons sur ce point : la géographie de l'échange est chamboulée mais c'est, dans les années 30, par un doublement brutal des volumes pour des raisons fondamentales de transition alimentaire des pays riches et de protection douanière, que se manifeste d'après nous le premier changement des structures de l'échange – si l'on définit une structure par le couple des paramètres (λ, μ) de l'ajustement walrasien. C'est dans les années 30 que l'huile de palme devient le quatrième corps gras échangé dans le monde, la première huile consommée en Grande-Bretagne ; c'est dans les années 30 que l'huile de palme devient la première huile utilisée dans les savonneries en Grande-

Bretagne ; c'est dans les années 30 toujours que les innovations permettant son utilisation en margarine sont appliquées dans l'industrie alimentaire. Un demi siècle plus tard, c'est la géographie de l'échange qui cette fois, avec un prix à sa mesure (un prix mondial, pas un prix « Grande-Bretagne »), détermine le niveau (élevé) de volatilité.

CHAPITRE 9

DE L'HEVEA AU PALMIER

« Huile de palme, parfaitement. C'est devenu encore plus urgent que le caoutchouc. Le monde entier pleure pour avoir de l'huile. » (Boulle, 1951).

La transition alimentaire, doublée du second conflit mondial, fait « pleurer le monde pour avoir de l'huile », en paraphrasant Pierre Boulle. L'huile réclamée ne viendra pas d'Afrique, mais d'Amérique – du soja –, de Malaisie, du palmier, d'Indonésie ensuite.

I) Etat, Felda, Palmiers

La Malaisie accède à l'indépendance (*merdeka*) en 1957, deux ans après la victoire aux élections générales d'une coalition anti-communiste et anti-coloniale réunissant l'*United Malay National Organization* (UMNO) menée par *Tunku Abdul Rahman* et la *Malayan Chinese Association* (MCA) conduite par *Tan Cheng Lock*. Elle se nomme encore *Malaya* et réunit trois territoires placés jusqu'alors sous la couronne britannique : les *Straits Settlement* (1867), les *Federated Malay States* (1895) et les *Unfederated Malay States* (1909). En 1963 Singapour et les deux Etats du Sabah et du Sarawak rejoignent la *Malaya* pour former la *Federation of Malaysia*. Deux ans plus tard Singapour quitte l'union, la Malaisie trace sa dernière frontière ; le gouvernement mesure son territoire, ses richesses, sa population, son ambition : il faut emplir les caisses, redorer le blason Malais, au vote desquels il doit son élection. La *Merdeka* ne laisse pas Indiens, Chinois, Malais, dans une position égale de confort et de richesse. Tandis que les deux premiers groupes, citoyens à la tête des plus hautes activités économiques, réclament la citoyenneté, l'usage de l'anglais, une méritocratie et une

économie libérale, les Malais et parmi eux les *Bumiputera*, ruraux, pauvres, demandent la concession par l'Etat d'un statut particulier et des politiques explicitement vouées à l'amélioration relative de leur situation.

Jusqu'au Premier Plan Malaisie (1966-1970), la politique économique s'attelle à l'élévation du taux de croissance, à la réduction de la dépendance des exportations de caoutchouc, d'étain et de bois dont les prix déclinaient depuis la fin de la guerre de Corée et à une redistribution plus équitable des revenus et des richesses grâce à un plan de colonisation des terres offerte aux Malais (Malaysia, 1965 : 2). L'import-substitution est clairement affirmée ; les meilleures perspectives, lit-on, se trouvent dans le secteur industriel (Malaysia, 1965 : 9, 27) ; elles éclipsent les problèmes communautaires. Les 196 cadavres des émeutes inter-ethniques du 13 mai 1969 protesteront en silence contre l'irréalisme du projet, dont la hauteur plaçait leurs revendications si bas qu'on ne les entendait pas.

Ainsi en 1971, les investisseurs étrangers détenaient 61,7% du capital social, les Sino-malaysiens 34% et les Malais seulement 4,3%. Or leurs poids démographiques se répartissaient ainsi : Malais et *Bumiputera*, 54% ; Chinois, 35% ; Indiens, 10% et autres, 1%.

Le Second Plan Malaisie tire les leçons de mai 1969 et arrête la composition communautaire de chaque secteur d'activité de l'économie nationale comme l'exact reflet des proportions des trois principales communautés au sein de la nation. Il inaugure la Nouvelle Politique Economique malaysienne (NPE) marquée par un contrôle plus strict de l'économie par l'Etat qui joue un rôle plus direct dans «l'allocation des ressources et la régulation de l'économie» ainsi que dans «la propriété directe d'entreprises privées» (Malaysia, 1971 : 4) : à l'agriculture est dévolue la plus grande portion du budget mais le commerce en capte une part grandissante : les structures de l'économie changent, et puisque l'ambition du gouverne reste la même, ses outils se transformeront (tableau 9.1).

Tableau 9.1 : Répartition des dépenses publiques, Malaisie 1961-90

Plan ->	1961-65	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90
Agriculture	18	25	22	21	12	18
Transport	22	9	11	9	13	11
Communicat°	4	4	6	4	7	14
Equipement	20	18	9	7	11	14
Commerce	2	4	17	14	27	14
Services soc.	16	18	13	17	13	13
Adm. Gén.	6	3	3	3	1	4
Defense	9	15	7	16	8	4
Sécurité	2	3	3	4	2	3
Total (m\$)	2.645	3.610	9.820	31.165	74.066	69

Sources : Malaysia (1965 : 28-9 ; 1971 : 68-71 ; 1976 : 240-1 ; 1986 : 246-7).

Transition d'un capitalisme «spontané» à un capitalisme «planifié» (Jomo, 1984), le Second Plan Malaisie et ses successeurs ont pour ambition, en plus du respect des proportions démographiques des trois communautés dans tous les secteurs de l'économie, de parvenir à redistribuer à l'horizon 1990 le capital social de telle manière qu'un tiers en soit échu aux Malais et *Bumiputera*.

Le développement de l'industrie du palmier à huile en Malaisie dans les années 1960, rapporté au contexte politique et économique dont nous venons rapidement de rendre compte, trouve ses motivations dans un imbroglio de contraintes et d'opportunités qui démêlées les unes des autres pourraient se répartir comme suit.

Les contraintes :

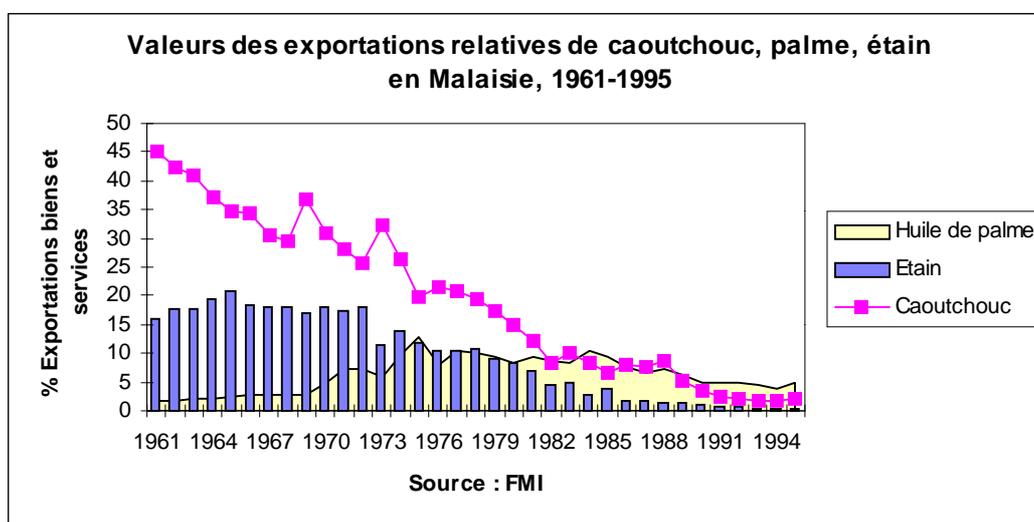
- Un déficit de la balance des compte courants en conséquence de l'import-substitution ;
- Une concentration des exportations autour d'un nombre restreint de produits. Ainsi en 1950, le caoutchouc naturel représente 70% de la valeur des exportations de Malaisie et contribue à 26% de la richesse nationale brute (une lente érosion : graphique 9.1).
- Une baisse du prix des grands produits exportés (graphique 9.2).
- Une détention étrangère et Sino-malaysienne de la grande majorité des richesses : l'étain est d'abord une affaire chinoise, le caoutchouc aux mains des Anglais (Steinberg, 1987 : 229).
- Enfin une base politique, Malais et *Bumiputera*, rurale et pauvre (tableau 9.2).

Tableau 9.2 : Population urbaine en Péninsule malaysienne, par communautés (%)
1957-1980

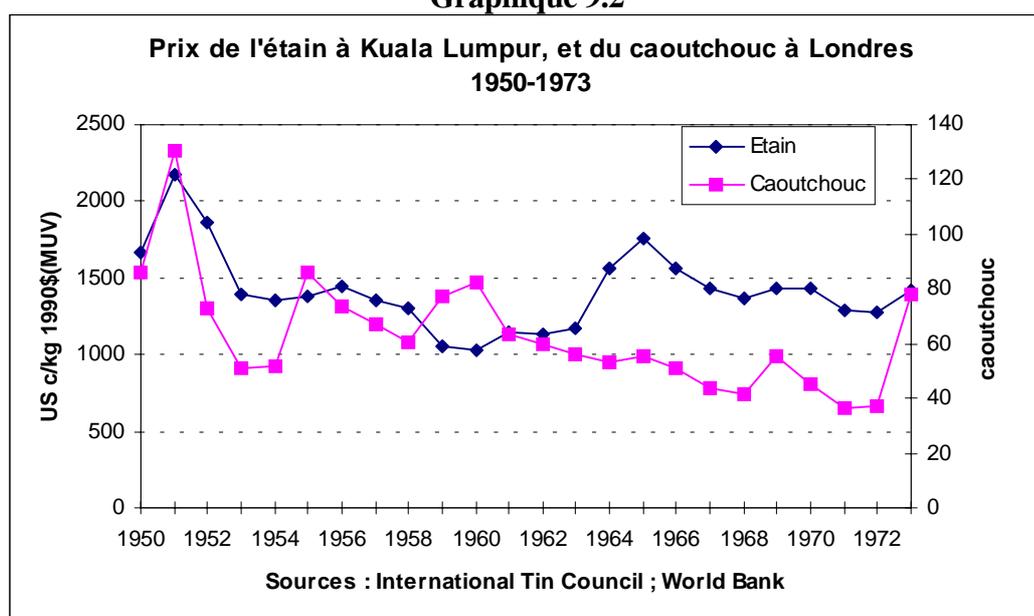
Population urbaine				
	1947	1957	1970	1980
Malais	7,3	11,2	14,9	25,4
Chinois	31,1	44,7	47,4	55,9
Indiens	25,8	30,6	34,7	41,2
Autre	46,2	49,3	40,8	41,6
Total	15,9	26,5	28,7	37,5

Sources : Malaya and Malaysia, *Population Census 1947 ; 1957 ; 1970 ; 1980.*

Graphique 9.1



Graphique 9.2



Les opportunités :

- De larges quantités de terres disponibles : en 1966, sur les 13.2 millions d'hectares de terres de la péninsule, plus de 9 millions d'hectares étaient couverts de forêt primaire.
- Une grande disponibilité de main d'oeuvre.
- Une politique « encourageant l'entreprise privée et créant au total un climat favorable à l'investissement étranger » (Snodgrass, 1980 : 7).
- Une stabilité politique assurée par la fidélisation de l'électorat de l'UMNO : les Malais échangent leur adhésion contre la protection de l'Etat (Muzzafar, 1980) qui s'engage à leur fournir terre et travail (cf infra). Elle est également assurée par les négociations régulières («*bargaining*») entre l'UMNO et le MCA chinois (Barraclough, 1985).

En supposant que le gouvernement malaysien se fixe d'atteindre les trois objectifs principaux du Premier Plan : stimuler la croissance, diversifier les exportations, redistribuer les revenus en faveur des *Bumiputera*, alors la résolution de répartir la population sur le territoire entier, de développer de nouvelles terres par des colons Malais que des institutions gouvernementales, telles que le FELDA, rémunèreront afin d'exporter de nouveaux produits, permet, si elle se réalise, de lever toutes les contraintes que nous venons d'énumérer. Quoique revêtant l'apparence du bon sens économique, elle ne relève pas moins, d'abord, du seul jeu politique : car choisir par exemple de substituer le palmier à huile à l'hévéa se conçoit hors de toute contingence politique, comme la simple conséquence d'un raisonnement économique de comparaison de gains espérés, tandis que choisir de développer des terres, d'y installer des écoles et d'assurer un revenu minimum à ses exploitants, est une décision éminemment politique, l'exécution des termes d'un contrat : la protection offerte en rémunération du dévouement électoral (Jomo et Ishak, 1986 : 61). L'exposé de la création, du fonctionnement et des objectifs du FELDA en fournira on l'espère la démonstration, ou à défaut, une illustration convaincante.

La *Federal Land Development Authority* (FELDA) est créée en 1956. Elle devient un établissement public en 1959, destiné à fournir aux paysans sans terre l'opportunité de devenir exploitants (Pletcher, 1991 : 628). En 1960, à Kulai, FELDA crée le premier plan d'aménagement (*scheme*) d'une palmeraie en collaboration avec une compagnie privée, la *Kulai Oil Palm Estate* ; l'extension sera foudroyante : en 1973, on en dénombre 65. Chacun occupe une moyenne de 1600 à 1800 ha ; y

travaillent environ 230 familles de pionniers. FELDA est responsable de l'ouverture des terres vierges, de la préparation du sol, de la fourniture des jeunes palmiers ; un prêt accordé aux pionniers permet la construction des installations nécessaires. A son ouverture, le *scheme* est prêt à l'emploi, *ready made*, à l'inverse de ce que l'on rencontre dans d'autres pays d'Asie du Sud Est, comme dans les programme de transmigration indonésiens ou les pionniers ne reçoivent que les outils nécessaires au défrichage et un sac de graines (MacAndrews, 1982). Ils commencent à travailler 3 ans avant la première récolte. Environ 70% des coûts d'installation du plan sont recouverts par FELDA après environ 15 ans, grâce aux déductions effectuées sur la vente des fruits du palmier, par les pionniers, à la *FELDA Marketing Corporation* (FELMA). Le management est centralisé. Les pionniers bénéficient chaque mois d'un crédit de consommation ; une mosquée, une maternité, des magasins et une école sont à leur disposition. Enfin après remboursement intégral de leur emprunt pour installation, un titre de propriété d'une parcelle du plan de 4 hectares leur est décerné.

Leur recrutement se fait par interview, priorité est accordée aux Malais, jeunes, mariés, et sans terre (Cho, 1990 : 101).

Le financement est assuré par des prêts accordés par le Gouvernement fédéral ainsi que par des emprunts contractés auprès de la Banque Mondiale, de la Banque Asiatique de Développement, les *Saudi Fund for Development*, *Kuwait Fund for Arab Economic Development* et le *Japanese Fund for Overseas Economic Cooperation* (Halim Salleh, 1991 : 329).

Les projets d'installation de type FELDA ont été décrits comme des camps de travail (De Koninck et McTaggart, 1987 : 354). On leur a reproché également d'accroître les inégalités en créant une petite population de «nouveaux riches» (Tan, 1981). La Banque Mondiale s'est fendu d'une louange, en qualifiant le FELDA comme l'un des plus remarquables plans d'aménagement qu'il lui ait été donné d'observer dans le monde (*New Straits Times*, 1988). La progression est il est vrai impressionnante (tableau 9.3).

Tableau 9.3 : Evolution de la palmeraie malaysienne, 1960-1995

	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995
FELDA %	0	10	21	28	30			27
Estates %	100	79	62	55	48			49
Total (1000 ha)	54,7	106,7	309,5	641,8	1023,2			2516

Sources : Ender (1985) ; Malaysia (1974 ; 1980 ; 1984) ; Porla.

Quelle part les anticipations y occupent-elles pour autant ? La question posée à divers responsables du FELDA en 1997 a rencontré une seule et même réponse : aménager les terres, installer les planteurs, réduire le chômage rural et la pauvreté, tels furent et restent l'objectif et la raison d'être du FELDA. Les interrogations relatives à la situation du marché mondial des huiles et graisses, les anticipations de son évolution, ont, en leur temps, certes été posées - mais par d'autres, en l'occurrence les grandes plantations privées.

II) Le rôle des institutions

L'industrie du palmier, sinistrée par l'occupation japonaise durant la seconde guerre mondiale - la production d'huile de palme était en 1953 inférieure de 10% à celle de 1940 -, reçoit les premières faveurs d'institutions dès 1946, date de la création du *Malayan Oil Palm Selling Pool* basé à Londres et regroupant les plus grands producteurs. Un changement significatif survient en 1965, il illustre l'essor et la concurrence que commence à exercer le palmier sur l'hévéa : la très célèbre RGA (*Rubber Growers' Association*) modifie les articles de l'Association afin d'élargir à des produits tropicaux différents du caoutchouc ses champs d'activité : le palmier est le premier concerné.

Le Conseil réagit et crée dans la foulée le *Vegetable Oils Committee*, décalque rigoureux de la RGA.

La même année se tient la première Conférence Internationale sur la Culture du Palmier à Huile, organisée par le *Tropical Producer Institute* et deux années plus tard la

première *Malaysian Oil Palm Conference* s'ouvre à Kuala Lumpur, sous les auspices de l'*Incorporated Society of Planters (ISP)*, annuelle, régulière depuis.

La réaction du gouvernement ne traîne guère : le *Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI)* est fondé en 1969 pour encadrer et encourager la recherche dans d'autres secteurs que celui du caoutchouc. Enfin, l'importance grandissante qu'occupera le palmier au sein de la NPE conduira à la création du *Palm Oil Registration and Licensing Authority (PORLA)* en 1976 sur les dépouilles du *Malaysian Palm Oil Pool*, association de producteurs fixant et assurant aux exportateurs l'unicité des prix, dont la naissance remontait à 1954. Elle est suivie trois ans plus tard l'établissement du *Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM)* écho du lointain *Department of Agriculture of the Federated Malay States (DAFMS)* de 1905 et réponse publique à l'*Oil Palm Genetics Consortium* formé en 1962 par la réunion de Guthrie's, Harrison & Crosfield, Dunlop's et Unilever.

Le fleurissement institutionnel montre deux choses : d'abord que l'institutionnalisation de l'industrie du palmier, qui en a accompagné l'essor, procède d'initiatives privées ; et que d'autre part les planteurs à son origine sont des planteurs d'hévéa. La chronologie des créations institutionnelles postérieures au FELDA (du MARDI au PORIM, soit la décennie 70) atténue l'idée d'un gouvernement visionnaire, qui aurait anticipé ou se serait même instruit d'un déficit mondial de la production d'huiles et graisses et de l'opportunité d'accumulation de richesses qu'en conséquence l'exploitation extensive de palmeraies lui offrait. Après l'impulsion que fut la création du FELDA, il n'a semble-t-il que renforcé sa ligne de conduite politique officielle, l'équité, en adaptant son attirail institutionnel à l'évolution d'un marché qui fut et reste animé par des entreprises privées. Répétons le : si FELDA est aujourd'hui le premier exportateur malaysien, il le doit fondamentalement à la stratégie de réduction de pauvreté du gouvernement, aune de légitimité politique, et dans les faits, à l'adoption fidèle et légèrement décalée des anticipations des grandes plantations.

Tableau 9.4 : Surfaces des palmeraies en Malaisie (1000 ha), 1960-84

		Péninsule		Est Malaisie	
	<i>Estates</i>	<i>FELDA</i>	<i>Autres</i>		Total
1960	54,7	0	0	0	54,7
1965	84,1	11,1	1,7	9,8	106,7
1970	193,4	65	11,6	39,5	309,5
1975	355,2	181,4	32	73,2	641,8
1980	495,4	307,5	103,6	116,7	1023,2
1984	657	377,6	108,9	186,7	1330,2

Sources : Ender (1985) ; Malaysia (1974 ; 1980 ; 1984) ; Porla.

Entre 1965 et 1970, pendant le Premier Plan, FELDA multiplie par cinq ses surfaces tandis que les grandes plantations (*estates*) multiplient les leurs par deux. Ce résultat contredit en apparence l'affirmation précédente (tableau 9.4). Toutefois l'accroissement annuel correspondant représente 11000 ha côté FELDA contre 22000 dans les grandes plantations, soit la moitié seulement. Ensuite il était impossible aux *estates*, excepté dans de rares circonstances, d'étendre leur surfaces plantées, au contraire du FELDA qui conservait le monopole d'accès aux terres vierges (Pletcher, 1990 : 634). L'accroissement n'en est alors que plus remarquable ; comment est-il survenu? Par substitution du palmier à l'hévéa.

III) Recherche privée et innovations

1) Les entrepreneurs

Quel fut le raisonnement des grands planteurs, qui, de 43000 ha de palmeraie en 1940, les poussa à multiplier surfaces et rendements par 4 durant la décennie 60 pour faire de la Malaisie le premier exportateur d'huile de palme dans le monde dès 1966, date à laquelle s'ouvrait seulement le Premier Plan?

Ils bénéficièrent tout d'abord de l'intervention du *British Ministry of Food*, qui de 1946 à 1954, acheta par contrat à long terme la totalité de la production malaysienne d'huile de palme, à un prix inférieur au prix mondial (à l'époque, le prix caf Europe des huiles africaines), mais suffisant pour garantir l'existence de débouchés, et donc le fonctionnement du marché, durant une période de dégringolade du pouvoir d'achat de la

demande industrielle. La garantie de revenus leur permet de réaménager leurs exploitations ; dès 1953, les surfaces plantées sont supérieures de 20% à celles de 1940 ; en 1957 les volumes de production dépassent les meilleurs résultats d'avant guerre ; en 1960, ils les doublent. Pourquoi? Parce qu'enfin la demande est là ; on l'attendait depuis longtemps :

«L'existence d'un vaste marché et d'un potentiel important était admis depuis longtemps par les principaux acteurs, les grandes organisations comme Socfin, Guthrie's et la Danish East Asiatic Company, tout autant que par de plus modestes, comme Thomas Barlow & Brother» rappelle la *Rubber Growers' Association* ; Guthrie's y songe dès 1925 (Tate, 1996 : 581). La conjonction de la chute des cours du caoutchouc après la guerre de Corée et des bénéfices des plantations d'hévéa (tableau 9.5), de la bonne tenue des cours du palmier à huile, et du retrait des achats de long terme contractés par le gouvernement anglais en 1954, incite les grands planteurs à poursuivre très sérieusement la diversification de leur production amorcée pour la grande majorité d'entre eux dès l'immédiat après guerre.

Socfin, Guthrie's, United Plantation, déjà engagés dans la culture du palmier, possédant d'énormes réserves en surfaces et en trésorerie, n'ont pas rencontré de grandes difficultés financières et techniques à substituer à l'hévéa, pourvoyeur de fonds de plus en plus incertains, le palmier, dont la maturation deux fois plus rapide (trois ans contre six) et ses prix quatre fois supérieurs à leur niveau d'avant guerre et stables selon toute apparence (Tate, 1996 : 581) disaient l'attrait.

Tableau 9.5 : Le boom de la guerre de Corée, plantations d'hévéa

	Prix	Revenus	Coûts	Salaires	Profits
1949	38,2	-2,1	28,7	1,43	6,9
1950	108,2	103,4	38,2	1,61	37,2
1951	169,6	186,7	62	2,6	53,7
1952	96,1	52,9	63,4	2,22	23,6
1953	67,3	-170,2	53,2	2,10	10,8
1954	114,7	-91,8	49,1	-	17,4

Source : Stubbs (1974).

Les prix sont en cts. per lb., Singapour ; les revenus en millions S \$; les coûts et les profits en cts. per lb. ; les salaires sont la moyenne annuelle des taux de salaires quotidiens.

Au milieu de la décennie 50, Guthrie's est le premier producteur d'huile de palme avec 12000 ha en culture, devant United Plantations et sa filiale Bernam Oil Palm Ltd. avec environ 5260 ha, Rubber Estates Agency - Cumbertach et ses 4850 ha, et, pour citer les principaux, Socfin et Barlow's avec à peu près 10000 ha chacun. Tous sont historiquement des planteurs d'hévéa.

Les petits planteurs en revanche n'ont pas perçu l'incertitude ou le risque dans l'exploitation du même arbre : le risque le plus important chez eux reste chevillé au palmier dont les coûts élevés de mise en culture réduisent la rentabilité. La dichotomie est nette. Un planteur, Douglas Money, souligne la prudence des petits producteurs. En 1963, date à laquelle le grand profit que l'on peut tirer d'une palmeraie ne peut plus être ignoré²⁵, Money raconte qu'en dépit de sa demande d'ouvrir une palmeraie sur une parcelle, les actionnaires ont tout au contraire choisi de la vendre arguant du fait «que la mise en oeuvre efficace et rentable d'un tel programme exige une part trop grande des profits actuels, qui aurait pour conséquence des réductions substantielles de leurs dividendes». Planter coûte cher. Trevor Walker, président de Guthrie's en Malaisie pendant les années 60, le souligne : *«This is a formidable commitment... and will give no worthwhile return for the first ten years at least. The original cost of the factory and its depreciation is a particularly heavy item, nor must the equally important matter of amortising the plantation itself at, say, 4 percent per annum, be overlooked»* (cité par Tate, 1996 : 503).

Les difficultés accrues du marché du caoutchouc naturel miné par la concurrence du synthétique au début des années 60, l'extension réservée des palmeraies aux terres vierges par le tout nouveau Felda, renforcent tout ensemble le risque de cultiver l'hévéa et l'opportunité de lui substituer le palmier : les grandes plantations entrent alors dans la seconde phase d'extension : en 1965 Guthrie's est en passe de posséder 100 000 ha de palmiers, Socfin n'est pas loin, Harrison's & Crosfield (6000 ha) et Unilever viennent de prendre le train en marche en dépit des préventions de son président Sir Miller à

²⁵ Thomas Barlow annonce à ses actionnaires en 1962 : *«we are diversified to the extent that we have 23% of our acreage in oil palms, which over recent years have been more profitable per acre than rubber»* ; quatre ans plus tard : *«at £43 per acre after replanting the profit from oil palms compares favourably with a profit from rubber of £12 per acre»* (Chairman's Statements ,Highlands & Lowlands Para Rubber Company, AGMs, 1962 et 1966). Il faudrait évidemment comparer les recettes brutes aux coûts...

l'encontre du palmier à huile²⁶. Les plus constants et les plus novateurs restent les Danois de United Plantations. A l'origine d'un cinquième de la production de la péninsule dans les années 50, ils développent des installations de stockage en 1951, un terminal spécial vingt ans plus tard et avant tout le monde, construiront la première raffinerie de palmier à huile dans le pays en 1974. Les gros rachètent les petits, la production d'huile de palme se concentre, à l'exception du FELDA, dans des mains bien connues : «*If anything, while sending smaller producers to the wall, [post-independence policies] left the large vested estate interests more firmly entrenched than ever*» (Tate, 1996 : 587). Elles possèdent des fonds, de la terre et la connaissance du produit, fruit d'années de recherche. Pour que début 60 il ne fasse plus de doute du bénéfice que l'on pouvait tirer de la culture du palmier, encore fallait-il que le matériel végétal fût prêt. United Plantations obtient de Sumatra ses premiers pollen *Picifera* en 1957 et développe ses premiers palmiers Tenera au début des années 60. *A posteriori* on peut dire que tout est enfin en place pour que survienne le boom du palmier : objectif de réduction de la pauvreté contre légitimité politique, contraintes d'extension des terres imposées aux grandes plantations, baisse du prix du caoutchouc, améliorations du matériel génétique. Dans ce dernier domaine aussi, le palmier doit beaucoup à l'hévéa.

2) *Les conditions initiales*

Arrivé en Péninsule 25 ans avant lui, il doit de devenir une plante commerciale au succès de l'arbre à caoutchouc et à une série de circonstances hasardeuses. Les premières graines de palmier à huile arrivent en Asie du Sud Est en 1848 ; elles sont délivrées au jardin botanique de Buitenzorg à Java (l'actuel Bogor), proviennent de l'Ile Maurice ou de la Réunion et d'Amsterdam ; on pouvait encore à Bogor, dans les années 1950, lever le nez vers quatre panache verts culminant à plus de 70 pieds : ce sont elles, cent ans ont passé. Le Gouvernement des Indes néerlandaises, sur l'instigation du professeur De Vriese de Leyde et d'autres personnes, prend vers le milieu du XIX^e siècle l'initiative de faire des essais de plantations dans diverses résidences de Java et de

²⁶ Unilever ne s'installe que tardivement dans la Péninsule, en 1947 exactement : une filiale, Pamol, acquiert alors une plantation de 1600 ha à Layang-Layang, dans l'Etat de Johore. Tate (1996 : 594) estime que la surface totale des palmeraies des filiales d'Unilever s'élevait au milieu des années 60 à 15000 ha environ.

Sumatra et d'intéresser la population à cette nouvelle culture. Il se heurte à la mauvaise volonté des fonctionnaires gouvernementaux : ils jugeaient inutile de cultiver un palmier dont on ne savait encore rien, dans des régions où le cocotier constituait depuis des siècles la culture traditionnelle et offrait tous les produits oléagineux dont la population avait besoin. N'a subsisté de l'initiative gouvernementale qu'une multitude d'*Elaeis*, hautement estimés comme plantes ornementales. On trouvait en particulier ces arbres ornementaux dans les grandes plantations de tabac et de café de Deli, près de Medan. On connaît la date de plantation de quelques-uns de ces palmiers : la célèbre allée de la plantation de Saint-Cyr fut plantée en 1884, celle de Bekala en 1888. De l'autre côté du détroit, des palmiers s'élèvent ; ils ont à peine dix ans.

L'introduction du palmier à huile en Péninsule remonte à 1875. Le jardin botanique de Singapour reçoit des graines du Kew Garden de Londres, via Ceylan. Leur progéniture connaîtra le même sort, la décoration végétale.

Comment les choses en vinrent-elles à changer? Trois événements contemporains occultaient l'intérêt du palmier aux yeux des planteurs : les premiers d'ordre technique concernaient l'extraction et le *processing* ; les seconds, la concurrence du cocotier sur lequel se concentrent les tout premiers progrès d'extraction et de raffinage au tournant du siècle ; enfin le boom du caoutchouc rendait velléitaire les plus audacieux : à quoi bon risquer des fonds lorsque l'or dore le fond de vos poches.

Il faudra de la chance et l'entremise d'un futur prix Goncourt pour que l'huile de palme devienne l'objet d'un commerce mondial. C'est uniquement par hasard que les premiers palmiers d'huile introduits en Asie du Sud Est appartiennent au type *dura* à pulpe épaisse et à coque mince, fournissant par conséquent beaucoup d'huile. C'est pour faire fortune que Henri Fauconnier débarque en Péninsule en 1905. Il a du nez, une plume, hume le vent, lève sa plume : il s'occupera plus tard de littérature²⁷.

On lui parle d'abord du sucre, il se rend à Bornéo, puis le caoutchouc l'attire, il s'engage comme «*creeper*» dans une plantation d'hévéa, à Selangor, les dimanches se suivent, on le voit à bicyclette parcourir avec deux amis la région : Fauconnier, Posth et Androuin cherchent les terres opportunes. Tous les trois obtiennent finalement la concession de 200 ha à Rantau Panjang.

Survient Hallet. Agronome, Belge, entrepreneur, fortuné, il vient du Congo

²⁷ Il recevra le Goncourt en 1930 avec *Malaisie*.

Belge et souhaite acquérir des terres. Il encourage Fauconnier à fonder sa propre compagnie, lui promet une importante contribution financière, acquiert lui-même une plantation (Sungai Rambai Estate), avant de rentrer en Europe via Sumatra. Il tient parole, car trois ans plus tard une lettre d'Anvers parvient à la Rantau Panjang Estate : Hallet est parvenu «avec difficulté» à créer la compagnie Plantations Fauconnier et Posth. Elle sert immédiatement à exploiter la cocoteraie que Fauconnier vient d'ouvrir à Rantau Panjang. L'année suivante, en 1910, la Compagnie du Selangor de Hallet et celle de Fauconnier fusionnent pour former le Groupe Hallet.

En 1911 Adrien Hallet est à Sumatra, en pleine préparation de la première plantation de palmier à huile. Les planteurs autour de lui sont sceptiques ou narquois. Et il faudra attendre les premiers fruits en 1915 pour les convaincre de la supériorité du palmier asiatique sur le palmier ouest africain ; les avantages offerts par les infrastructures de transport et les installations portuaires héritées de l'industrie du caoutchouc dans la région sauteront alors aux yeux de tous. En Europe les bombes éclatent, à nouveau la guerre ; les Pays Bas n'en sont pas. La très puissante Rubber Cultuur Mij of Amsterdam (RCMA) et la Handels Vereeniging Amsterdam (HVA) se lancent dans la culture du palmier dans le sillage de Hallet, sur la côte est de Sumatra (*Culture Zone*).

La culture est lancée (tableau 9.6). Il faudra une autre guerre pour l'arrêter.

Tableau 9.6 : superficie des palmeraies sur la côte est de Sumatra (*Culture Zone*)

	1915	1920	1925	1930	1935	1940
ha	1200	8462	29402	56623	69300	108000

Source : *Bulletin des Matières Grasses*, divers numéros ; IIA.

Fauconnier combat, ses deux compagnons le suivent, ils n'en reviendront pas. Seul Fauconnier s'en sort. Il avait, de son voyage en 1911 à Sumatra, rapporté des graines de palmier destinées à la toute nouvelle Tennamaram Estate. A son retour en 1919, il poursuit dans cette même voie. Cette année voit la fusion du Groupe Hallet avec la Société Financière des Caoutchoucs (Socfin, ancienne Bunge & Grisar d'Anvers) ; Socfin deviendra une des plus grandes compagnies de plantation du monde. La pépinière de Rantau Panjang fournit les nouveaux planteurs. Qui sont-ils? John Hay au

milieu des années 20 pousse Guthrie's à se lancer dans la culture du palmier. Ils posséderont en 1931 le tiers des palmeraies péninsulaires. Le secteur change de stature, grandit, Socfin, Guthrie's et United Plantations vont se le partager²⁸.

Une compagnie se tient à l'écart, dont il convient de signaler les raisons. Harrisons & Crosfield, le grand rival de Guthrie's, tarde en effet à s'engager. Son président, Eric Miller, ne croit pas à l'opportunité d'investir dans le palmier à huile. Il argue du fait que la domination du marché des huiles végétales par Unilever voue tout investissement à l'échec : car il ne tient qu'à Unilever, fort de sa position dominante, de faire baisser momentanément les prix pour évincer les nouveaux arrivants sur le marché (Tate, 1996 : 466).

Et effectivement, alors que le marché semble parvenir à maturité, les prix s'effondrent²⁹. La responsabilité pourtant n'en incombe guère au grand groupe hollandais : la Grande Dépression et les mesures protectionnistes qu'elle ne laisse pas d'entraîner dans son sillage ferment les grands marchés. Les USA, mais aussi l'Italie et l'Allemagne sont les premiers responsables. Telle est en tout cas la conclusion d'un rapport officiel de 1934 de la *Commission of Inquiry* britannique sur les conditions rencontrées par les producteurs d'huile de palme et de coco en Malaisie. Le rapport souligne aussi que contrairement à ce que l'on rencontre sur le marché du caoutchouc, aucun plan international de restriction ne saurait fonctionner en raison de la concurrence des autres huiles végétales substituables sur le marché (rapporté par Tate, 1996 : 458). Le Gouvernement Britannique instaure bien un tarif préférentiel de 10% sur l'huile de palme produite dans l'Empire, mais la demande reste insuffisante, et l'offre croît. La première solution est de réduire les coûts. Lesquels? Le transport et l'emballage reçoivent la priorité.

²⁸ Son fondateur, Aage Westenholz, achète d'abord une plantation d'hévéas en 1906, plante ses 8 premiers hectares de palmiers en 1918, convertit selon un scénario classique sa première plantation d'hévéas en palmeraie dans les années 30 pour devenir, derrière ses deux concurrents, le troisième producteur d'huile de palme de la Péninsule à la fin de la décennie. Sa contribution dans la production malaysienne est estimée en 1941 à hauteur d'un cinquième (Tate, 1996).

²⁹ Les investisseurs en 1927 s'accordaient à dire que l'espérance de profit par acre de palmeraie s'élevait à 10 US \$, soit un rendement sur capital investi de 22% (Tate, 1996 : 466).

3) *Les innovations*

On en rend compte de quatre.

Innovation 1 : le transport en vrac

En 1924 les premières exportations d'huile de palme quittent la Péninsule. En barils. Aménager des tankers pour le transport en vrac nécessite une offre régulière et capable de stocker, ainsi que l'existence d'acheteurs fiables désirant se procurer de grandes quantités d'huile. Socfin ouvre la voie. Le premier transport d'huile de palme en vrac quitte Sumatra (Belawan) en 1925, à son bord, l'huile de la plantation Hallet. En 1931 un chargement Socfin quitte Selangor en Malaisie ; il est débarqué à Belawan et part en Europe. 1933 est l'année de la première livraison en vrac d'huile malaysienne directement en Europe. Socfin l'a produite, stockée, a financé les équipements nécessaires à son acheminement.

Les petits producteurs sont en revanche incapables de supporter semblables frais. Une initiative de Guthrie's mettra un terme à leur dépit.

Guthrie's crée en 1932 une filiale, la *Malayan Palm Oil Bulking Company* (MPOBC), qui se charge des opérations de stockage et de pompage dans le port de Singapour, en liaison étroite avec la *Federated Malay States Railways* (FMSR). A un tarif modéré, l'huile des plantations de Johore et Selangor (Péninsule) est drainée jusqu'à Singapour par tankers spéciaux. L'initiative de Guthrie's désengorgera les petites plantations de la Péninsule. Elle ne suffira pas pour autant à susciter de nouvelles vocations : on considère que la culture du palmier, en raison du capital fixe investi dans l'huilerie, est à économie d'échelle et n'est pleinement rentable qu'aux alentours de 800 ha³⁰.

Le transport en vrac est la première contribution notable à la réduction des coûts. A Socfin puis Guthrie's en revient l'initiative. Les deux groupes sont impliqués par ailleurs dans une recherche de plus longue haleine, celle des gains de productivité, dont ils ne doutent pas de l'occurrence à partir de leur expérience en hévéaculture. Le

³⁰ Affirmation toute théorique puisqu'en 1941, sur les 34 palmeraies en exploitation, 9 couvraient plus de 800 ha, 14 s'étendaient sur des surfaces allant de 200 à 800 ha et on comptait 11 plantations de moins de 200 ha (Tate, 1996 : 461).

Department of Agriculture of the Federated Malay States (DAFMS) créé en 1905 les épaulera, notamment en matière de sélection. On lui doit le développement du *dumpy palm* dans les années 20. On doit à Guthrie's la création d'hybrides *Tenera*.

Innovation 2 : les rendements d'extraction

On extrait dans les premières années 1920 l'huile grâce à des presses manuelles. La qualité est bonne (peu d'acides gras libres), mais environ un quart de l'huile reste dans le fruit après pressage ; et la consommation en main d'oeuvre est importante. La chute des cours durant la décennie 1930 obligera les producteurs les plus réticents à mécaniser leur extraction. Guthrie's le premier s'équipe d'un système d'extraction hydraulique à la fin des années 20. On compte 8 usines dans la péninsule en 1929, 22 en 1934. C'est la course. En 1936 le Sultan se déplace, l'affaire est importante : Socfin ouvre la plus grosse usine de la péninsule.

Innovation 3 : le *dumpy palm*

Après l'ouverture du centre de recherche de Serdang en 1921, le DAFMS développe une plantation expérimentale, l'*Elmina Estate*, où sont développés les *dumpy palms*, palmiers que la petite taille et l'abondance de fruits recommandent particulièrement. Accidents biologiques, ils avaient été remarqués en 1907 dans le jardin botanique de Singapour. Moins une innovation de l'homme que l'invention hasardeuse de la nature (les recherches s'attacheront principalement à augmenter le nombre de fruits de bonnes qualités), il deviendra très populaire parmi les planteurs lors du boom de l'après guerre.

Innovation 4 : les hybrides *Tenera*

Les découvertes de Guthrie's connaîtront un succès similaire ; l'effort humain y est plus remarquable. Le groupe a développé ses installations de recherche, par les soins de Hay, dès ses débuts dans la culture du palmier. Il reprit les travaux que les scientifiques belges avaient effectués au Congo, qui visaient à produire les noix de palme dont la production d'huile fût élevée, supérieure en tout cas à celle rencontrée

couramment. On classe en effet en quatre catégories les palmiers à huile, selon la minceur de l'amande de leurs fruits qui étaient dans les années 30 les suivantes (IIA, 1939, t I : 219) :

- variété *macrocarpa* ou type «Congo» : épaisseur de la coque allant de 4 à 8,5 mm ; son poids constitue 50% du poids total du fruit. L'exocarpe (la pulpe) est très mince : de 0,75 à 2,5 mm.

- Variété *dura* ou type «Deli» (Sumatra), l'épaisseur de la coque est deux fois plus réduite et varie de 2 à 5 mm ; son poids représente 30% du poids total du fruit. L'épaisseur de l'exocarpe est trois fois supérieure à celle du type «Congo», comprise de 2 à 6 mm.

- Variété *tenera* : coque de 1 à 2,5 mm, poids constituant 10% seulement du poids total du fruit. L'épaisseur de l'exocarpe est très variable.

- Variété *pisifera*, sans coque, noyau extrêmement mince, exocarpe épais mais fruits de faible dimension et souvent stériles.

Les rendements en huile d'un «Deli» n'ont dès lors plus rien à voir avec ceux d'un palmier «Congo» : en raison de l'épaisseur de leur pulpe, ils les dépassent, avant la seconde guerre mondiale, de près de 40% (Bunting et al., 1934 : 10) comme le rapporte le tableau 9.7.

Tableau 9.7 : Composition moyenne de fruits mûrs provenant de Malaisie et du Nigéria

	Fruits de Malaisie (%)	Fruits du Nigéria (%)
Huile de palme	29	22
Amande	6	13
Coque	30	44
Eau et résidu sec	35	21
Total	100	100

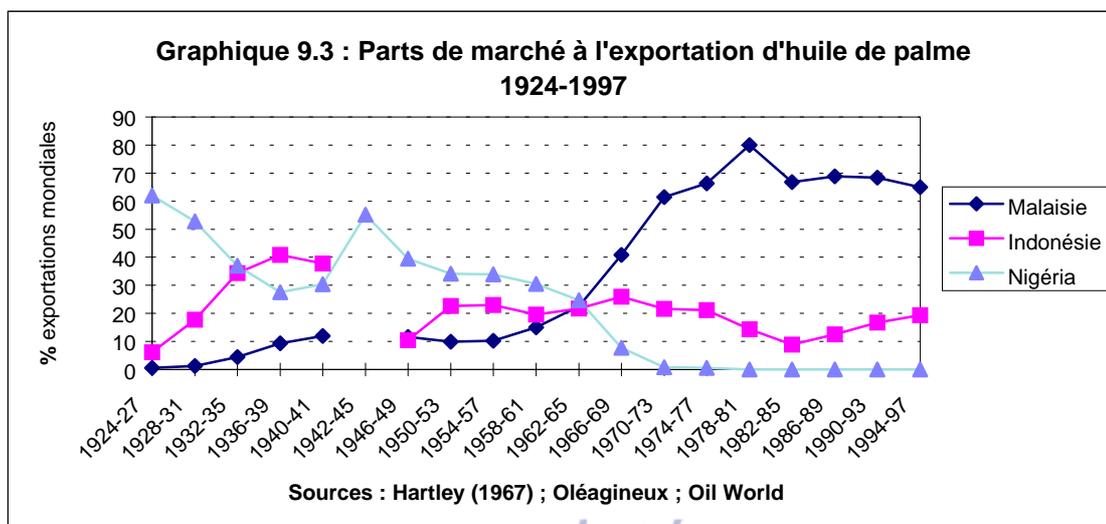
Source : Bunting et al., 1934 : 10

En 1933, Ringoet et son assistant Beirnaert parviennent à croiser un *pisifera* et un *tenera* ; ils obtiennent un hybride où *dura*, *tenera* et *pisifera* se retrouvent à hauteur

d'un tiers chacun. Six ans plus tard, Beirnaert et Vanderweyen découvrent qu'un croisement *pisifera* x *dura* produit un arbre entièrement *tenera*. Grandiose succès. Guthries's exploitera à grande échelle cette découverte : il l'importera d'Afrique, développera le premier en Malaisie l'hybride de Beirnaert et récoltera pour soi une grande part du prestige de l'invention. Après la seconde guerre mondiale, les autres grands groupes l'imiteront. Ainsi United Plantations obtient ses premiers pollen *pisifera* en 1957 et développe au début des années 60 ses premières plantations de *tenera* (Bek-Nielsen, 1997 : 18) : le boom du palmier est amorcé. Il se prolongera de l'autre côté du Détroit, en Indonésie, et dure encore.

Conclusion

En 1941, 31 600 ha de palmiers à huiles sont cultivées en *Malaya*, soit un peu moins d'un tiers des surfaces exploitées dans les Indes Néerlandaises voisines. Plus de la moitié de la production mondiale d'huile de palme provient de ces deux colonies (graphique 9.3). Les recherches menées dans la sélection des fruits les plus riches en huile, les améliorations apportées au transport, les efforts consentis dans le secteur de l'huilerie permettant de réduire à moins de 5% la proportion d'acides gras libres, ouvrent à l'huile de palme les marchés alimentaires européen et américain ; dans le même temps, sa position est considérablement rehaussée dans l'industrie de la savonnerie britannique grâce à la franchise accordée aux importations depuis Lagos.



On retiendra de l'étude des réactions et des anticipations de l'offre la contribution du hasard, les dispositions naturelles exceptionnelles de Sumatra et de la péninsule malaysienne ; enfin la prise de risque.

- la part de hasard : «C'est le hasard qui a mis entre les mains des premiers planteurs de Sumatra des graines récoltées sur des palmiers de la variété *dura*, qui est probablement celle parmi toutes les variétés qui se prête le mieux aux plantations industrielles» (IIA, 1939, t I : 219). C'est le hasard encore qui a épaissi le mesocarpe de la sorte (environ 60%), bien plus que chez son congénère *dura* africain (Hartley, 1967 : 20). C'est le hasard enfin qui a fourni une descendance homogène au quatre palmiers de Buitenzorg : «*It has often been stressed [...] that the most important point has been the fortunate fact that the Deli oil palms grown for ornamental puposes and which have provided the seed for the first regular plantaings have proved to be of such a peculiarly valuable variety. [...] As soon as E. Guineensis was grown commercially at Deli, a priori selection gave no difficulties as the available ornamental palm were already of very productive kind and furthermore, from rhe beginning and relatively speaking, they bred true to type* (Tate, 1996).

- les bonnes dispositions naturelles : dans une étude réalisée par le directeur de la Station expérimentale de l'A.V.R.O.S. à Medan, dressant le bilan de 15 années de culture du palmier à huile à Sumatra, intitulée *Investigations on oil palms*, le Dr L. Rutgers conclut ainsi : « Il semble qu'on puisse assurer qu'une jeune plantation d'élaeis produira 1350 kg d'huile et 450 kg d'amande par hectare dans sa cinquième année et que le rendement atteindra 2000 kg d'huile et 600 kg d'amande à l'âge de pleine production». Comme le rapporte Yves Henry, alors Inspecteur général de l'Agriculture, de l'Élevage et des Forêts à Hanoi où la rentabilité du palmier était étudiée de près, «ces estimations sont demeurées article de foi à Sumatra ; elles sont citées dans tous les milieux, elles sont fournies à titre de renseignement et servent de base dans le calcul de production des plantations adultes»³¹ (Henry, 1926 : 4).

- la rationalité économique et la prise de risque : «la situation financière en 1924 d'une plantation moyenne de 2000 ha, ayant produit 1000 kg d'huile et 330 kg d'amande par ha, s'établirait comme suit, en admettant que toutes les dépenses de

³¹ En France par exemple : *Bulletin de la Chambre de Commerce de Médan*, 15 juin 1925 et *Rapport annuel pour 1924*.

culture et de fabrication sont comprises dans le prix de revient de 13 cents de l'huile nue :

Capital engagé : 1 700 000 florins	
<i>Recettes brutes</i>	
2000 tonnes d'huile à 370 florins la tonne	740 000 fl.
600 tonnes d'amande à 250 florins la tonne	165 000 fl.
Total	905 000 fl.
<i>Dépenses à la plantation et transports :</i>	
Prix de revient de l'huile au port de débarquement (260 fl. la tonne)	520 000 fl.
Emballage et transport des amandes	30 000 fl.
Manutention, magasinage, courtage	25 000 fl.
Total	575 000 fl.

Il serait donc resté un disponible d'environ 330 000 florins pour couvrir : les frais d'administration en Europe, les amortissements, la constitution des réserves et la rémunération du capital. Les prix et coefficients adoptés dans ce calcul sont effectivement ceux pratiqués en 1924 ; le prix de revient de l'huile n'a pu être contrôlé. De cet aperçu sommaire se dégage l'impression très nette qu'une plantation à rendement moyen à Sumatra est, financièrement parlant, une affaire moyenne, l'affaire est bonne dans les conditions exceptionnelles de situation et de rendement, médiocre ou mauvaise au-dessous du rendement moyen.

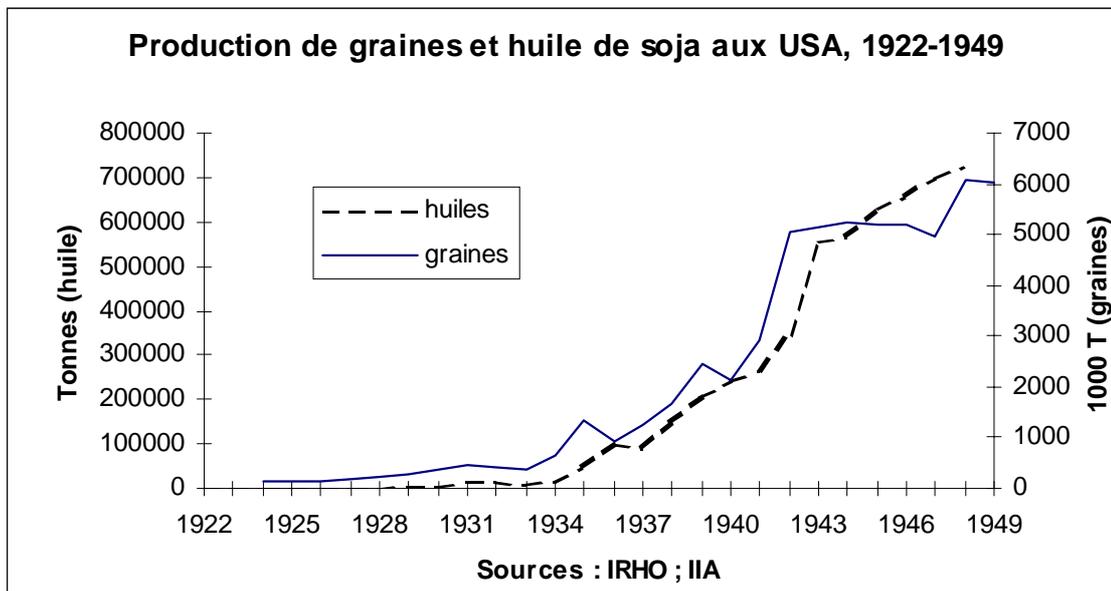
De l'avenir de cette culture on peut dire qu'il tient tout entier dans la possibilité d'enrayer la chute progressive du rendement de l'élaeis et d'amener ce rendement au chiffre moyen de 1300 à 1500 kg pendant les 30 premières années. Ce résultat obtenu, puis complété par une amélioration radicale de la fabrication qui abaisserait au-dessous de 5% le taux d'acidité de l'huile, ferait de la plantation de l'élaeis une affaire excellente et parmi les plus sûres.» (Henry, 1926 : 18-19).

Des études convergentes estiment le prix de revient total de la tonne d'huile à 10 £ fob port malais ou indonésien et 14 £ caf Liverpool au début des années 30 (*Bulletin des Matières Grasses* ; IIA, 1939 t I : 244, 246). Au total les planteurs souffriront financièrement plus d'un an de la chute des prix survenue à cette période. Lever avant son décès restait déçu des performances de ses plantations africaines, tout juste rentables (Wilson, 1954). La fin des hostilités et la pénurie de denrées alimentaires jusqu'à la fin

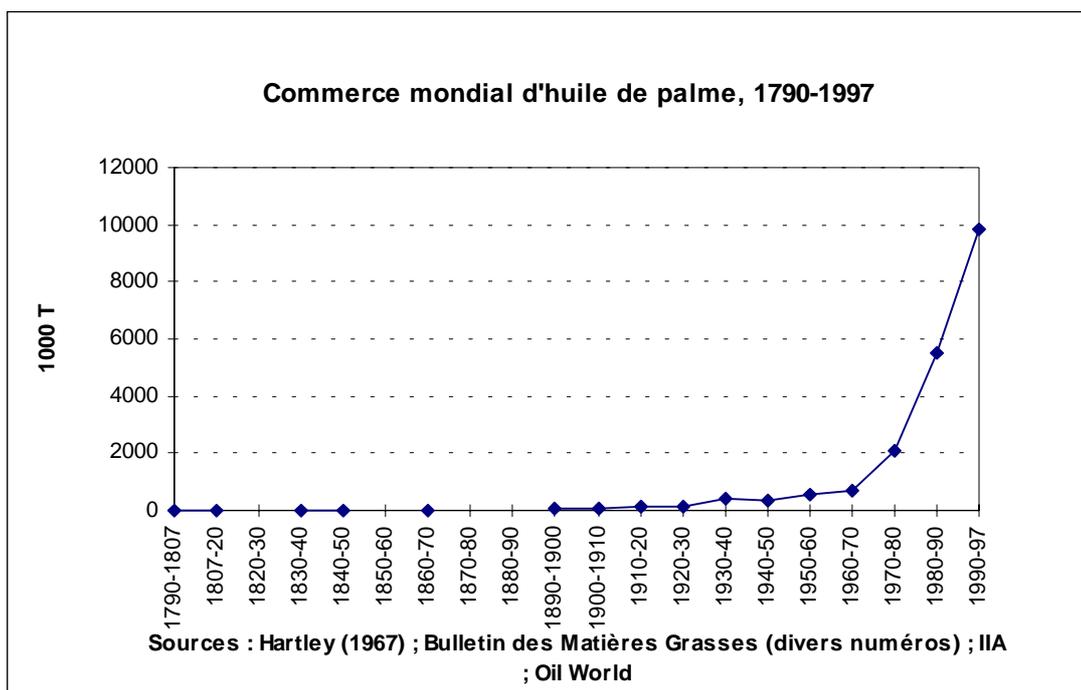
des années 50 récompenseront les plus opiniâtres, qui, comme Socfin, auront accru leurs palmeraies tout le long des années 30, sur les meilleures terres, sans trop s'inquiéter de l'évolution catastrophique des cours : les rendements en huile espérés à partir des *tenera* et la clameur de la demande chassent toute crainte de perte après la guerre.

Le changement de régime alimentaire survenu dans les pays développés au cours des années 30 place les exigences en graisses dans l'alimentation sur une tendance dont la pente (on renvoie au graphiques 8.3 et 8.6 du précédent chapitre) est beaucoup plus marquée à partir des années 60 qu'elle ne l'avait été jusque-là. Deux plantes vont répondre par la démesure à la démesure des exigences occidentales : le soja américain et le palmier malaysien, chassant l'Afrique et l'Inde, pourvoyeuses historiques d'arachide, et les Philippines qui fournissait la coco, dans les marges de l'échange. Rappelons que l'ASA (*American Soybean Association*) date de 1928 et que l'effort initial de la culture du soja aux USA remonte à l'époque du déficit de fourrages et de graisses bon marché aux USA dans les années 30, amplifié lors par la seconde guerre mondiale (graphique 9.4). La croissance exponentielle des années 60 et 70 trouve ses racines dans la situation alimentaire de l'immédiat avant-guerre. Marquant une première rupture dans le régime alimentaire et la croissance des échanges, les années 30 sont de surcroît les années déterminantes dans la structure de l'offre - l'offre se rationalise : elles préparent un terrain où marcheront des géants (graphiques 9.5 et 9.6).

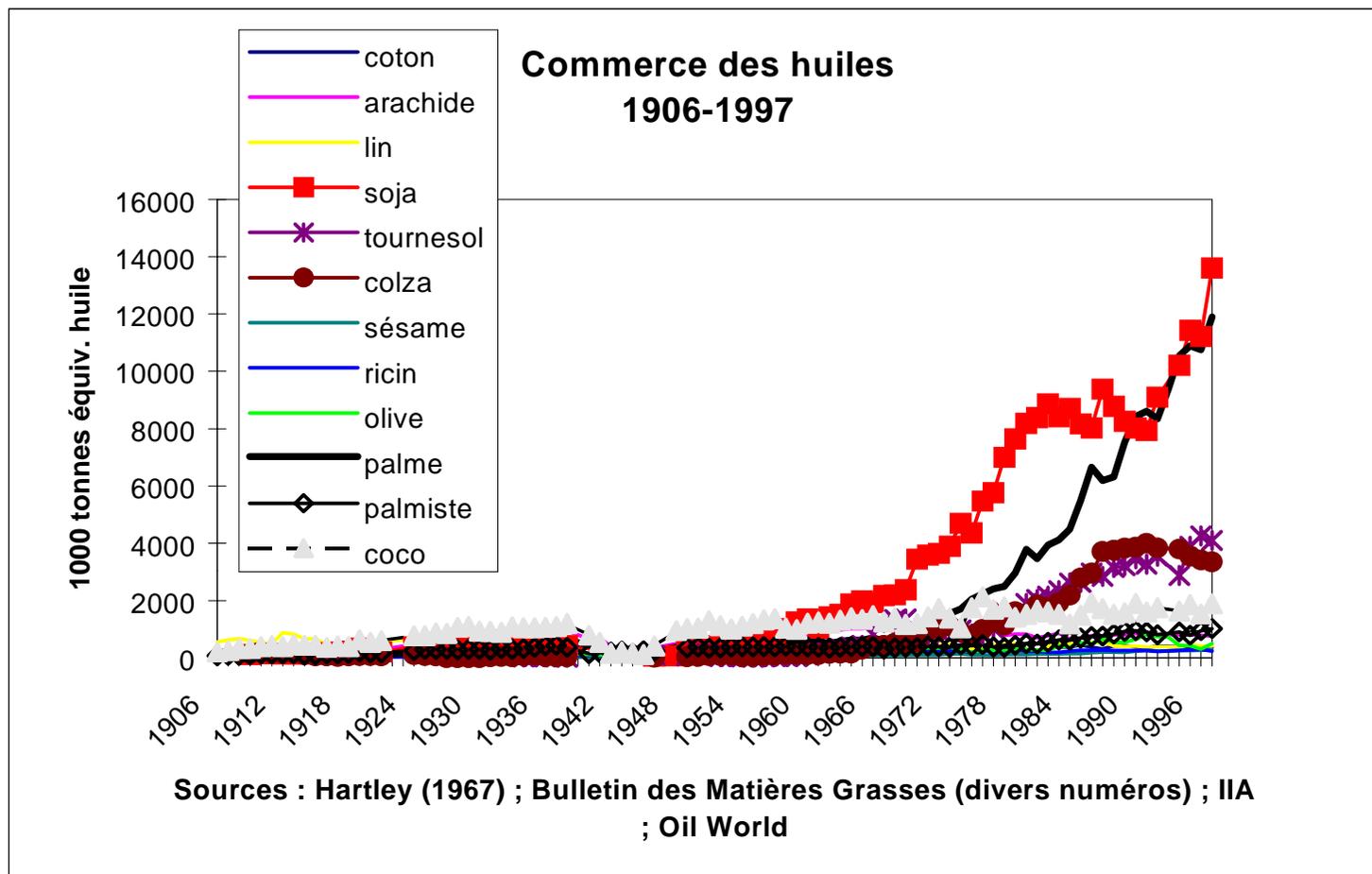
Graphique 9.4



Graphique 9.5



Graphique 9.6



On a insisté sur les soixante premières années du siècle, afin d'essayer de comprendre comment l'offre d'huile s'était organisée pour répondre à la demande dont l'étude occupe plusieurs chapitres en tête de cette partie : c'est un déficit de production domestique qui est à l'origine de l'échange international. La demande précède l'offre. C'est aussi ce que nous dit prosaïquement un négociant de Kuala-Lumpur : « On apporte de la valeur ajoutée : le fret, la prise en charge du risque lié aux variations de prix et de change. L'amorce est la demande. Tout vient de la demande. C'est grâce à elle que nous sommes là, que nous travaillons. C'est vers elle qu'en permanence notre attention se tourne ». On a cité Ekeland (1991) en première partie : « Le hasard provient de l'incertitude sur la condition initiale. Vous avez les systèmes déterministes qui sont très sensibles aux conditions initiales. Comme vous n'êtes pas assez fin pour observer la condition initiale, vous observez les conditions finales et puis, comme vous n'avez pas vu la condition initiale, il vous semble que tout cela vient du hasard. ». On a souhaité lever cette intertitude, ou au moins la réduire, en remontant à la source du commerce international, à l'évolution de la demande d'une part, à l'introduction de la culture du palmier, à son développement d'autre part. Et maintenant qu'il est planté, qu'il grandit, plutôt que de le regarder pousser et suivre son évolution année après année, on se transporte au cœur du marché d'aujourd'hui. Et pour comprendre la hasard qui nous entoure, on procède de même que précédemment : réduire l'incertitude, comprendre comme s'ajustent l'offre et la demande très concrètement sur le marché. Il n'est qu'une profession pour nous répondre sur le fonctionnement d'un marché international : les négociants, ces intermédiaires entre la production et la consommation, qui, au téléphone, forment le prix.

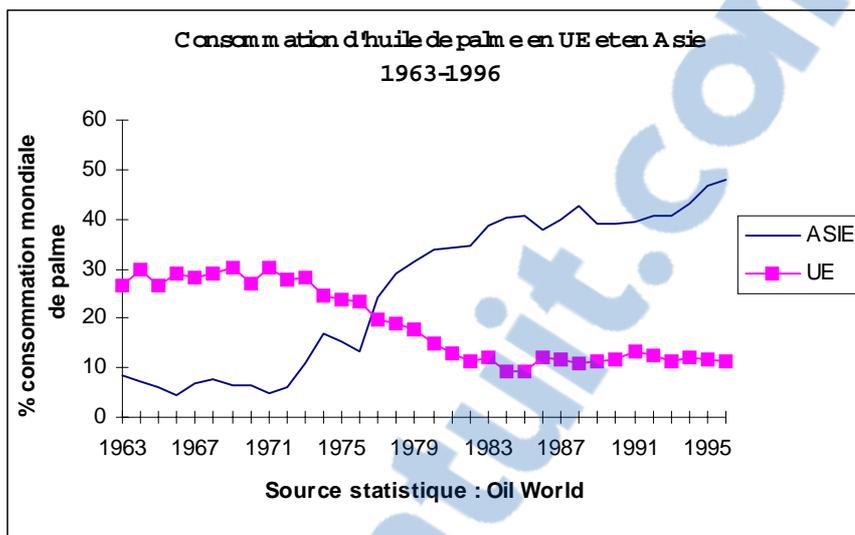
CHAPITRE 10

LES DETERMINANTS DES CHANGEMENTS DE LA VOLATILITE

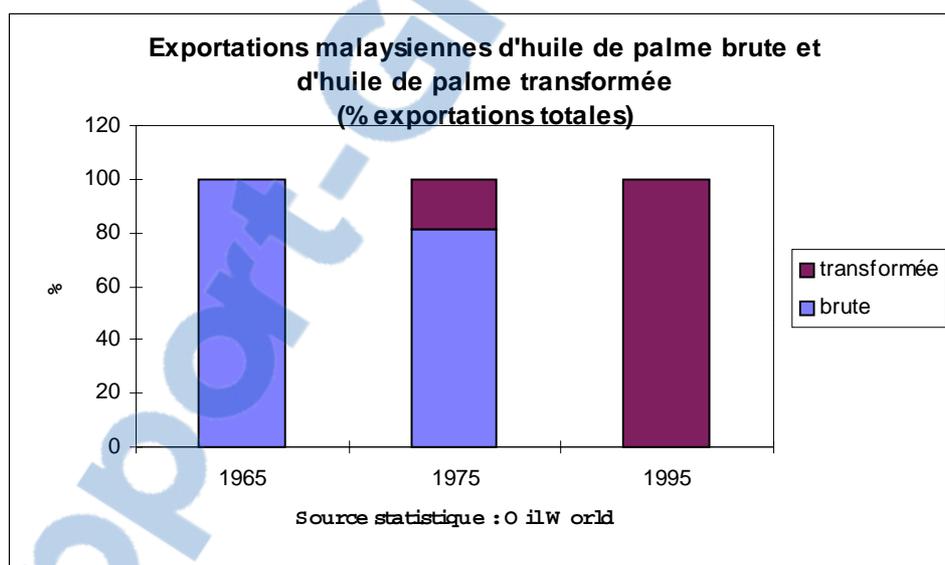
On a dit que l'extension brutale du marché en volume, derrière laquelle on trouve fondamentalement une rupture à la hausse de la consommation de graisses par tête en raison d'un changement de régime alimentaire, survient dans les années 30 en Europe et après les années 70, à un niveau de revenu plus faible, en Asie et notamment en Chine et en Inde. L'arrivée de nouvelles régions consommatrices et importatrices asiatiques se manifeste dès 1971 ; elle sera renforcée par la politique malaysienne d'incitation aux exportations de produits raffinés, exonérés de taxe à partir de 1976 : repoussées par l'Europe qui protège ses raffineries par une taxe discriminatoire sur les importations d'huile raffinées (triple de celle sur les huiles brutes), ces huiles prêtes à la friture sont achetées au Pakistan, en Inde, en Chine (graphiques 8.9, 10.1 et 10.2).

En quoi l'arrivée de pays importateurs asiatiques, contemporaine de la seconde phase de haute volatilité (cf chapitre 5), modifie la dispersion des prix ? L'extension brutale du marché en volume doit-elle seulement être invoquée, comme dans les années 30, dans l'explication des bonds de la volatilité ? On peut en douter : en basculant dans le monde alimentaire, l'huile de palme dans les années 30 change réellement de marché : ses fondamentaux ne sont plus les mêmes, son commerce échappe aux contrats à long terme des savonniers anglais pour être régi par les ajustements au coup par coup des margariniers ayant à disposition une dizaine de produits entre lesquels les *switch* sont incessants (une margarine compte jusqu'à 8 produits différents dans sa composition).

Graphique 10.1



Graphique 10.2



En accédant aux marchés asiatiques dans les années 70-80, l'huile de palme ne se découvre pas de nouvelles rivales et de nouvelles contraintes de substitution comme ce fut le cas cinquante ans plus tôt en Europe. Les rivales, comme le soja américain ou brésilien, viennent de trop loin pour concurrencer l'huile de palme et les contraintes de substitution en friture sont moins exigeantes qu'en margarine. Les intervenants disposent d'autre part d'un marché à terme à Kuala-Lumpur, le Kuala Lumpur

Commodity Exchange, pour couvrir leurs opérations à terme. Qu'est-ce qu'au fond tout cela change ? Pour connaître les principes du changement, ses manifestations dans l'évolution de la volatilité des cours, nous avons mené l'enquête. En Europe, en Asie. D'une simple description du fonctionnement du marché, l'enquête a peu à peu évolué vers la recherche des déterminants des changements de la volatilité : nous en rapportons les principaux résultats, sous forme d'entretiens : les déterminants imperceptibles d'abord, vont apparaître au fil de la conversation. Le volume échangé et la proximité géographique entre l'offre et la demande. Nous montrerons ensuite par des tests de cointégration que l'huile de palme bascule bel et bien lors des pics historiques de volumes échangés (années 30 et 70-80 de ce siècle) d'un monde à un autre : du monde non alimentaire au monde alimentaire en Grande Bretagne dans les années 30, et à partir du début des années 80, en devenant la première huile végétale échangée dans le monde, d'une position de suiveur à une position de leader sur le marché mondial. Nous pourrions conclure sur un résumé de l'évolution des deux variables suggérées par les négociants et retenues, sous une forme plus abstraite, par Walras et Samuelson : la vitesse de réaction et la taille du marché, depuis 1818.

I) Les déterminants : entretiens

D'abord une question d'étudiant qui irrite les intervenants : la formation des prix. Quelle est-elle ?

La formation des prix :

« C'est une marotte d'économistes » (négociant, Paris 04/97). Mais encore ? « La demande dans le monde varie peu physiquement : tous les mois, elle est régulière. Mais la décision d'achat, celle qui va couvrir ces approvisionnements physiques réguliers, est erratique : on peut décider d'acheter tous les jours sa consommation journalière ou acheter en un jour sa consommation des six mois à venir. C'est cette décision qu'il faut retenir dans la formation du prix. La demande (la décision) d'achat ou de vente d'une journée n'est pas la consommation ou la production d'une journée. Si un jour vous avez des directeurs d'achat qui décident tous en même temps d'acheter leur consommation, vous êtes sûr que le prix va prendre 15% dans la journée : vous n'aurez pas en face une offre qui va correspondre à six mois de production. « S'il y a tant de demande, se dit

l'offre, c'est que les prix vont monter donc je vais attendre.» Derrière les prix, il y a certes de la consommation et de la production mais d'abord, des gens au téléphone : c'est au téléphone que se forment les prix ».

J'ai donc pris mon téléphone, mes bagages, ai rencontré des négociants, raffineurs, exportateurs, importateurs, à Singapour, Kuala Lumpur, Medan, Bombay. Leurs noms ne sont pas cités, comme préalablement convenu. Seule la fonction, le lieu et la date ont été rapportés entre parenthèse.

Description du marché : les « acteurs »

« Comptez quatre ou cinq gros exportateurs malaysiens d'huile de palme : Kuok, Wilmar, Felda, Cargill et Mewh. Ils ont tous des affaires dans les plantations. Ils exportent beaucoup en Asie mais aussi en Europe. Kuok par exemple, si on inclut Wilmar, se charge à lui tout seul des approvisionnements chinois d'huile de palme. » (négociant, KL 05/97).

Le marché n'est donc pas concurrentiel ?

« Le marché est concurrentiel : à condition de payer les taxes d'import et d'export, tout le monde a le droit de jouer. Tel n'est pas le cas en Indonésie où l'on a une structure de production oligopolistique avec Salim, Sinar Mas, Musim Mas et Hasil Karsa : une entente peut avoir lieu entre oligopoleurs pour faire monter les prix à l'export, ou même sur le marché domestique tributaire des disponibilités en fret depuis Sumatra. Le fret peut être manipulé, c'est un outil important. » (négociant, KL 05/97).

La spéculation :

« La spéculation, c'est comme le gambling : c'est toujours la banque qui gagne, pas le joueur. Sur le marché de l'huile de palme, nous on ne spéculé pas. Le joueur peut avoir de temps en temps l'impression qu'il gagne mais plus on gagne, plus on a l'impression de comprendre. Il y a toujours un moment où l'on est trop sûr de soi : c'est là qu'on se ramasse. [...] Le marché de l'huile de palme est un marché de « commodités », pas un marché financier où sont cotés des bouts de papier : les produits agricoles ont leurs

fondamentaux, les gens se parlent beaucoup. Les chartistes y sont moins à l'aise. Il existe tout un tas d'informations (les fondamentaux précisément), qu'ils n'ont pas. Ça ne les intéresse pas. Ils ne traitent que de l'irrationnel. Or les deux sont à prendre en compte. » (négociant, KL 05/97)

La prévision :

« On travaille dans un environnement très instable : on doit prendre en compte un certain nombre d'analyses, les charts parmi beaucoup d'autres. Les charts sont juste une analyse de la manière dont réagit l'opinion des autres. Des gens s'amuse à faire de très belles analyses de chart, trouvent des points de résistance... Les zones de résistance sont toujours des zones que l'on traverse avec plaisir : même si ça résiste, il y a un moment où ça ne résiste plus et le prix décolle. On arrive tout de même à voir les tendances sur les charts, mais c'est toujours a posteriori. L'analyse a priori est difficile. On est incapable de dire : «il y a un modèle qui va nous prédire exactement ce qui va se passer». Le marché, l'évolution des prix sont énormément basés sur des opinions, sur l'opinion générale que se font les gens : ce ne sont pas des idées, pas des raisonnements, c'est juste un sentiment. Vous avez trois facteurs déterminants : les fondamentaux – état de l'offre et de la demande -, les charts – l'opinion des autres -, et le sentiment. Le nez. Pour moi tout est là : les opérateurs ont des opinions, des angoisses, à ne surtout pas oublier dans toute analyse. » (négociant, KL 05/97).

Couverture de risque :

« On ne s'occupe que du physique. Les professionnels au KLCE³² ne traite que des *futures*. Ils spéculent, comme au casino. Si on pense que le marché est baissier, on aura tendance globalement à avoir des positions un peu *short*, vendeuses, sur le physique. Et puis un moment on va se dire «ok, on a toujours cette idée, mais on ne veut pas prendre de risques trop importants donc on va couvrir une partie de ces ventes physiques par des achats au KLCE ». Voilà à quoi sert le marché à terme : on n'y prend jamais de grosses positions. On se couvre sur un ou deux mois, rarement au-delà : il manque de liquidité, il n'est pas fait pour le long terme. *Hedging* et contrats sont dans un immense sac. 80-

³² Kuala Lumpur Commodity Exchange, marché à terme de l'huile de palme brute créé en 1980 en Malaisie.

85% de nos contrats débouchent sur une livraison. Le reste finit au CBOT³³ et au KLCE. On essaye surtout de faire du physique contre du physique. » (négociants, KL 05/97).

« Le marché n'est pas spéculatif comme un marché papier. N'y intervient aucun non-professionnel (fonds de pension, investisseurs institutionnels) car il n'y a pas de marché à terme qui donne une liquidité suffisante à long terme. » (négociant, Paris 04/97)

« En 1994, 0,7% des contrats du KLCE est arrivé à terme en débouchant sur une livraison. Le marché est en *backwardation* 11 mois sur 12. La date d'expiration d'un contrat est midi le 15 du mois. Les contrats d'échéance supérieure à 4 mois sont rarement traités au KLCE. Le *near-month contract* colle au prix spot de la CPO : le KLCE est considéré comme la meilleure approximation heure par heure » (KLCE, 06/97).

« Lorsqu'on vend des marchandises très loin, on recourt au *hedging*. On rachète des marchandises pas nécessairement sur la même période dans le temps ni de même grade ou qualité. On limite ainsi énormément le risque : ne reste plus que le risque de variation d'une qualité à l'autre. Cette variation sera faible par rapport à la variété primaire. Lorsque nous sommes amenés à vendre une qualité sur une période très éloignée, on en profite pour acheter les qualités que nos clients vont nous demander dans les 2 ou 3 mois à venir. C'est ça le *hedging* physique : une position d'achat couvre une position de vente débouchant toutes deux sur une livraison. » (négociant, Paris 04/97).

« Notre cas est différent. Nous sommes producteurs. Chaque mois on a une certaine quantité de produit à vendre. Si les prix sont hauts, on verrouille la vente au KLCE ou caf Rotterdam. Ensuite par *buy back* on revend sur le marché domestique indonésien, notre principal marché. » (producteur, Jakarta, 07/97).

³³ Chicago Board of Trade, marché à terme de Chicago.

Un exemple de *buy back* au KLCE

« La chronologie est la suivante :

- 1 - recherche d'un offreur/acheteur fiable
- 2 - origine de l'offreur/demande (-> pour les problèmes de change et de fret)
- 3 - conclusion du négoce, exemple palm oil RBD³⁴ 600 US \$ Madras

Je calcule : $600 - 30$ (fret) - 2 (commission) = 560 \$. Je suis trader. Si j'achète en dessous de 560 je gagne, au-dessus je perds. Une fois l'huile trouvée, il s'agit a) de trouver un bateau, b) de négocier le change puisque l'huile est achetée en Ringgit et doit être vendue en US \$.

Reprenons l'exemple précédent sur une base de 600 \$ la tonne, que je convertis en Ringgit au cours du jour :

RBD	$600 \times 2,5$	= 1500 RM la tonne
		- 200 (coût de transformation de la CPO en RBD)
CPO		= 1300 RM la tonne
		- 30 (estimation de l'écart marché physique/marché papier)
KLCE		= 1270 RM la tonne.

Si j'achète au KLCE au-dessus de 1270 RM la tonne je perds, en dessous je gagne. Au KLCE à 1270 RM la tonne, je suis couvert. Je précise que je dois me couvrir puisque je ne possède pas la marchandise que je viens de vendre.

J'achète au KLCE à 1270 RM. Je dois, avant l'échéance du contrat, trouver la marchandise. Je cherche. Supposons que j'en trouve à 1350 RM la tonne ce qui correspond à 1320 RM au KLCE. Je liquide ma position et gagne donc :

$$\text{Gain au KLCE} = 1320 - 1270 = 50 \text{ RM}$$

Pour acheter au physique à 1350 RM et perdre donc à la livraison :

Perte au physique = 1350 - 1300 = 50 RM

Gains et pertes s'équilibrent : 50 - 50 = 0.

Je suis couvert. » (négociant, KL 06/97).

Aléa moral :

« Il y a des gens avec qui l'on veut travailler, d'autres non. On achète en Malaisie à une vingtaine de sociétés, à une dizaine en Indonésie, peut-être une dizaine aux Philippines. On ne travaille jamais avec des gens que l'on ne connaît pas. Avant d'acheter on doit vérifier, avoir certaines garanties de la contrepartie. Si après signature les prix montent de 25%, il faut que le gars tienne parole. Sinon l'ensemble de notre activité s'écroule. Si quelqu'un arrive en disant «j'en ai du bon et du pas cher», on ne va pas travailler avec lui. Le risque est disproportionné. » (négociant, KL 05/97).

« Le taux de change est un marché très important. Idem pour le *shipping*. Le *shipping* du palme est purement physique, il n'y a pas tellement de papier derrière ça. Le marché de Londres n'est pas du tout adapté pour ce que l'on fait. Les navires que l'on utilise sont des navires de vrac liquide, faits pour transporter des produits chimiques ou des produits alimentaires. Le nombre de compagnie varie selon l'attrait du marché. Il y a peu de bateaux dédiés : ils ne marchent que dans un sens. Le *shipping* est un marché. Ca va ça vient. On peut utiliser des sociétés tiers pour vérifier que le tank est propre, bien là, que la quantité a été bien mesurée. On est sûrs de rien. » (négociant, KL 05/97).

« Le fret n'est plus un problème dès lors que vous commercialisez des gros volumes. A cet égard l'Europe est un marché très sûr : les acheteurs sont fiables, ils payent, que le marché soit bas ou haut. C'est une contrainte : trouver le bon acheteur. Trouver le bon acheteur est le problème majeur en Chine, Inde, Pakistan. *When market goes down, they don't perform*. C'est le problème des PVD. » (négociant, Singapour, 06/97).

Les fondamentaux :

« On prend des décisions en fonction de l'opinion que l'on se fait du marché, dans le cadre des contraintes d'embarquement, d'approvisionnement. On arrive en gros à savoir

³⁴ RBD pour *refined, bleached and deodorized*.

ce que va être la production d'huile de palme dans les trois ou quatre années qui viennent. Les sources que l'on regarde ici sont surtout les statistiques de production et de stocks mensuels (mois précédent) par PORLA. Il y a toujours des petits malin spécialistes de l'annonce une semaine à l'avance. Ensuite, on regarde les exportations par pays. La demande est connue en quantité et en qualité : tel client va consommer telle quantité par mois : on le sait. On a une bonne idée de ce qu'on leur a vendu. De ce qu'ils ont reçu. On peut avoir via le marché (courtiers, concurrents, bateaux, fournisseurs) une bonne idée de ce que les concurrents ont ou n'ont pas vendu à ce client. L'opération permet de connaître la période probable d'achat future du client. On n'attend pas que le téléphone sonne. On essaye de voir le meilleur moment et on peut éventuellement le conseiller. Même si le *break even*³⁵ est possible, le consommateur final préfère payer moins cher son produit - sinon il va voir ailleurs : le négociant conseille la période d'achat et sera jugé sur la fiabilité de son conseil. En résumé la demande n'est pas parfaitement connue, mais on a de bons moyens de l'approcher. » (négociant, KL 05/97).

« On se réveille : on regarde le prix de la veille. Puis on regarde ce qui s'est passé durant la nuit en Europe. Puis au CBOT. Enfin on attend que le KLCE ouvre pour connaître le sentiment général du marché (*bearish* ou *bullish*) : et alors seulement on commence à négocier. On évite les *strings* (les contrats changent de main, fréquent dans trading et raffinage) : on essaye de vendre directement à l'acheteur. » (négociant, KL 05/97).

La transaction :

« Des contrats standards internationaux existent (terme fixé). Certains sont plutôt organisés par les vendeurs, d'autres par les acheteurs. En Malaisie on vend sur la base du contrat PORAM. Le contrat international est un contrat FOSFA. Chaque contrat est plutôt orienté soit par les vendeurs, soit par les acheteurs. «Nous on fait ça et puis débrouillez-vous». Comment ça se passe? Un de nos *traders* se met en contact avec un trader d'en face. Ils vont se demander s'ils sont sur le marché, ils vont peut-être se donner des idées de prix et puis si l'un ou l'autre est intéressé, ils se mettront d'accord. Alors une feuille est remplie, disant «j'ai acheté au téléphone à monsieur Untel telle

quantité etc.» Le papier sera utilisé par un back office qui va transformer sur ordinateur en confirmation d'achat ou de vente. La confirmation est faxée. On attend un retour signé. Ensuite un contrat sera établi, envoyé 2 jours voire 1 semaine plus tard, confirmé à son tour. C'est le système Paiement contre Document (CAD). Un titre de propriété s'échange contre un paiement. On achète, on vend, en permanence. Il est assez fréquent qu'on ait vendu avant d'acheter, qu'on achète, qu'on charge un bateau et qu'on vende pendant la traversée. Mais il est assez fréquent aussi qu'on vende à partir de nos stocks en Europe et aux USA. » (négociant, KL 05/97).

Stratégie des traders

« La stratégie du *trader* est de remplir les bateaux. Mettons qu'il trouve un tanker de 10 000 tonnes à 10 \$ la tonne, soit 100 000 \$ le chargement. Rempli à demi, il lui coûtera toujours 100 000 \$ le chargement – le bateau est immobilisé : le prix exigé par la compagnie sera la même -, donc 20\$ la tonne : le trader vendra son produit deux fois plus cher que son concurrent qui lui aura rempli son bateau. Il perd le marché. » (négociant, KL 05/97).

Les *traders* contrôlent ainsi des régions particulières, qu'ils conservent, en remplissant les bateaux : Josovina se spécialise dans l'approvisionnement de Afrique de l'Est, Safic Alcan dans celui de l'Europe, Kuok et Wilmar dans celui de la Chine.

« Notre stratégie n'est pas compliquée : on essaye d'acheter bas et de vendre haut. Point » (négociant, Medan 07/97)

« Par exemple, je pense que le *trend* est haussier. J'achète. Je cherche un vendeur. Si je n'en trouve pas, je vends caf à Rotterdam. A l'inverse, je pense que le trend est baissier. Je vends. Je vends physique si j'ai la marchandise. Sinon je vends papier au KLCE. » (négociant, Singapour 06/97).

³⁵ Couverture parfaite : ni gain, ni perte.

Existe-t-il un prix mondial ?

« Il n'y a pas réellement de prix mondial. Il y a des prix à certains endroits, d'une certaine qualité, à certains moments. Chaque marché vit de façon différente. Ils sont tous liés, mais il y a des écarts qui se créent. On peut dire qu'il y a un marché de telle qualité fob en Malaisie. Il peut y avoir un marché par port, par terminal : il y a des acheteurs et des vendeurs un peu partout. Ici à Kuala Lumpur vous avez des personnes qui vendent de l'oléine fob Port Klang : c'est un marché. Il peut y avoir, pour une raison ou une autre, à un certain moment une pénurie. Soudain, beaucoup de gens veulent acheter de l'oléine à Port Klang, petite panique. Elle n'affectera pas pour autant Rotterdam. » (négociant, KL 05/97).

Limites des prix :

« Les acheteurs doivent acheter. Ils vont certes regarder toutes les histoires de prix mais arrive un moment où ils ont besoin d'acheter. Dans des situations de pénurie totale, celui qui a la marchandise s'assied dessus puisque l'acheteur doit acheter : ça peut monter très haut. » (négociant, KL 05/97).

« Il n'y a pas de limite inférieure à un prix - à part 0 bien entendu. En 1986 on a vendu à perte, le prix étant tombé en dessous du coût de production. On vend quand même, on n'a pas le choix. On se refait plus tard. Evidemment le fait que l'on vende n'aide pas à enrayer la chute des prix. Mais on doit payer les salaires etc. Et l'huile arrive jour après jour : le palmier est une culture pérenne. Donc on vend, même si les prix se cassent la figure. Ce n'est pas l'offre qui réagit et bloque l'hémorragie, c'est la demande qui à un moment repart. On sait qu'à long terme toute l'huile de palme que produit la Malaisie sera absorbée par le marché. » (négociant, KL 05/97)

Il y aurait donc un équilibre à long terme du marché ?

« Oui. Même s'il n'existe pas de borne supérieure non plus : les prix montent jusqu'à ce que la demande dise stop! On ne peut plus! C'est une question de pouvoir d'achat : quand le pouvoir d'achat s'annule, il n'y a plus d'achat, c'est tout. » (négociant, KL 05/97).

La nouveauté : la demande asiatique

« La demande européenne est composée de quelques gros (friture industrielle, lipochimie) et de beaucoup de petits. Unilever essaye d'intégrer la plantation dont la production reste marginale par rapport à la consommation. Ce n'est pas le cas en Asie, où on compte surtout des petits acheteurs ». (négociant, Paris 05/97). « En Inde, de plus en plus de firmes privées achètent. Elles achètent à des compagnies internationales, via Singapour, comme Kuok. Au Pakistan existent plus de cent compagnies privées. En Chine, on trouve de plus en plus de privés également. Les Pakistanais installent des compagnies en Malaisie et revendent à leurs "amis". » (PORLA, KL 05/97).

« Le flux de marchandises est très régulier en Europe, plus irrégulier en Asie à cause de la concurrence des huiles de production locale. » (négociant, Paris 04/97) « Les négociants internationaux travaillent sur de gros volumes, cas européen typique. C'est moins vrai en Asie : les volumes demandés sont plus éparpillés, ce qui complique la tâche du gros négociant. Kuok en revanche, parce qu'il possède des stocks un peu partout, parvient très bien à coller à n'importe quelle demande. Surtout chinoise. Je dirais qu'il assure plus de 60% des approvisionnements d'huile de palme de la Chine. » (PORLA, KL 05/97).

« L'huile de palme en Europe n'est pas une huile de consommation domestique. Des amortisseurs des fluctuations de prix existent : le transport, le packaging, le raffinage, le marketing, dont les coûts varient peu. La demande finale dans les pays occidentaux est peu touchée par les variations des prix de l'huile de palme. A l'inverse en Indonésie et dans les pays du Maghreb, en Inde et en Chine, elle est un produit stratégique : la production manque, l'huile est un aliment de cuisson indispensable, la demande est nombreuse et souvent démunie : il faut importer, vite. L'instabilité des prix n'est pas amortie et peut avoir des conséquences sur la demande finale. » (négociant, Paris 04/97).

La nouveauté (suite) : l'Inde

« L'Inde importe autour d'1,6 Mn de tonnes d'huile de palme sur un commerce mondial d'environ 10 Mn de tonnes : son impact est significatif. C'est moins vrai dans le cas des huiles fluides, que l'on importe moins. Nous sommes une vingtaine d'importateurs privés, dont trois gros : Arunkumar, Ruchi Soya et Godrej. La concurrence est de plus en plus rude, des nouvelles compagnies apparaissent tous les ans. Toutefois le fort investissement (stockage), les faibles marges, et l'éparpillement de la demande font qu'au total le marché n'est pas à la portée de tous le monde. » (négociant, Delhi 07/98).

Qu'est-ce que l'arrivée des compagnies privées indiennes a fondamentalement changé ?

« Madras est à cinq jours de mer de Singapour et de la Malaisie. Bombay est à 45 jours de mer de l'Amérique du sud. Le calcul est vite fait. » (Négociant, Delhi 07/98).

Refaites-le.

« J'achète de l'huile de soja au Brésil à 600 US \$ la tonne, je la reçois 45 jours plus tard : elle est tombée à 550 US \$. Perte : 50 \$ par tonne. J'ai acheté 5000 tonnes. Perte totale : 250 000 US \$ car en achetant cinq jours avant ma date de livraison l'huile de palme malaysienne, je ne perdais rien. » (négociant, Delhi 07/98).

La situation de Rotterdam est différente ?

« Totalement, puisque Rotterdam est située grosso modo à égale distance du soja sud et nord américain, du palme ouest africain et malaysien : comptez un mois de traversée dans chaque cas, à une semaine près. Un mois contre cinq ou dix jours ici. Non seulement ils sont au centre géographique du commerce des huiles mais de surcroît, ce centre est à une distance telle de l'offre que les positions spot, les réactions immédiates, de courte terme, n'ont pas lieu. Ici on réagit instantanément : en Europe, il faut se couvrir parce qu'en un mois, tout peut arriver. » (négociant, Delhi 07/98).

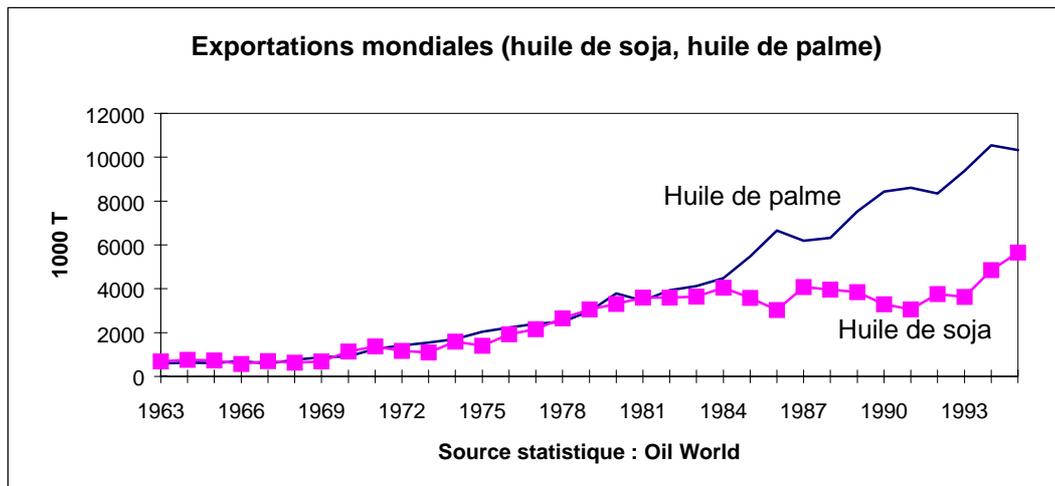
Comment expliquez-vous les changements de la volatilité des vingt dernières années ?
« *Different timing in buy and sell decisions* » (tous négociants).

Après enquête, *timing* peut se traduire par horizon : l'horizon temporel d'un acheteur Indien n'est pas le même que celui d'un margarinier européen. Le premier achète à 5, 10, 15 jours, le second à 5, 10, 15 mois. Comment expliquer cette différence d'horizon d'achat et de vente ?

« Par la géographie. Plus la demande est proche de l'offre, plus la réaction est vive et le marché instable. » (négociant, Bombay 07/98). « Par le leadership : l'huile la plus commercialisée est celle sur laquelle s'ajustent d'abord l'offre et la demande. » (négociant, Bombay 07/98).

Voilà les implications de l'effet « volume » mesuré en Grande-Bretagne dans les années 30 : on a vu que cette décennie correspondait au passage de l'huile de palme devant le suif dans les demandes des industriels et à la suprématie dans la consommation nationale d'huiles végétales. *Leadership* et géographie en déterminants de la volatilité et de ses changements : nous allons vérifier ce que les entretiens suggèrent. Au préalable on confirme par des tests statistiques le changement de position de l'huile de palme dans le commerce mondial à deux reprises dans ce siècle : elle devient la première huile échangée dans le monde durant la décennie 70 (devance le soja irrégulièrement à partir de la fin de l'année 1971 puis régulièrement à partir de 1981, graphique 10.3) ; elle double le suif auprès des industries de la demande non alimentaire tout en accédant au monde alimentaire dans les années 30 en Grande-Bretagne.

Graphique 10.3



On recourt à cette fin à des tests de cointégration et de causalité. Dans un premier temps entre l'huile de palme et l'huile de soja et entre l'huile de palme et le suif, son vieux rival, sur 14 périodes différentes s'achevant toutes en 1997 : intégration et causalité sont testée entre 1960 et 1997, entre 1962 et 1997, entre 1964 et 1997, ..., entre 1987 et 1997. Des changements dans l'intégration des séries et la causalité des prix pourront ainsi être datés entre 1960 et 1997. Puis nous remonterons le temps et constaterons statistiquement l'entrée de l'huile de palme dans le secteur alimentaire au cours des années 30. Nous exposons auparavant la méthode.

II) Tests de cointégration : la méthode

Les séries étudiées (PALME, SOJA, SUIF puis LIN, BEURRE, ARACHIDE) possédant toutes une racine du même ordre (racine unitaire), la régression de l'une sur l'autre ne créera pas d'artefact statistique. On écrit l'équation de cointégration suivante dans l'exemple du palme et du soja :

$$\text{PALME}(t) = \text{constante} + a \cdot \text{SOJA}(t) + Y(t) \quad [10.1]$$

La non nullité de « a » et la stationnarité de Y nous assurent de la cointégration des séries PALME et SOJA. La non nullité de « a » est fournie de manière classique par le t de Student. La stationnarité de Y est vérifiée en testant l'égalité $\rho = 1$ dans la

régression suivante où Y est la série nominale, DELY la série différenciée : $DELY(t) = Y(t) - Y(t-1)$, et e(t) un bruit blanc : $e(t) \sim \mathcal{N}(0, 1)$.

$$DELY(t) = \text{constante} + \rho * Y(t-1) + \sum_{i=1}^p \alpha_i * DELY(t-i) + e(t) \quad [10.2]$$

Le retard «p» est choisi en minimisant le critère d'Akaike (AIC) et alternativement en maximisant le critère de Schwartz (BIC). Les valeurs critiques du test de Dickey-Fuller augmenté sont tirées de Hamilton (1994) :

Augmented Dickey-Fuller (ADF) t-test :

1%	5%	10%
-3.46	-2.88	-2.57

La présence d'une racine unitaire dans Y (i.e. $\rho = 1$) démontre que Y est non stationnaire et, en conséquence, que les séries PALME et SOJA ne sont pas cointégrées.

III) Application : période 1960-1997

DATE DE FIN DE SERIE : 12/1997

DATES D'ORIGINE : 1960, 1962, 1964, 1966, 1968, 1970, 1972, 1974, 1976, 1978, 1980, 1983, 1985, 1987

Le résultat de l'intégration des séries PALME et SOJA est fourni tableaux 10.1 et 10.2

Tableau 10.1 : Chronique d'une disparition

	1960	1962	1964	1966	1968	1970	1972	1974	1976	1978	1980	1983	1985	1987
a	0.96	0.96	0.97	0.99	1.01	1.06	1.06	1.08	1.17	1.19	1.17	1.16	1.12	1.04
t-stat	62.7	60.7	56.3	54.3	50.1	39.8	34.8	27.9	28.2	26.5	23.4	23.2	18.7	13.7
ADF	-5.15	-4.94	-4.80	-4.57	-4.50	-4.34	-4.15	-3.84	-3.93	-3.75	-2.90	-2.62	-2.26	-2.20
p (bic)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

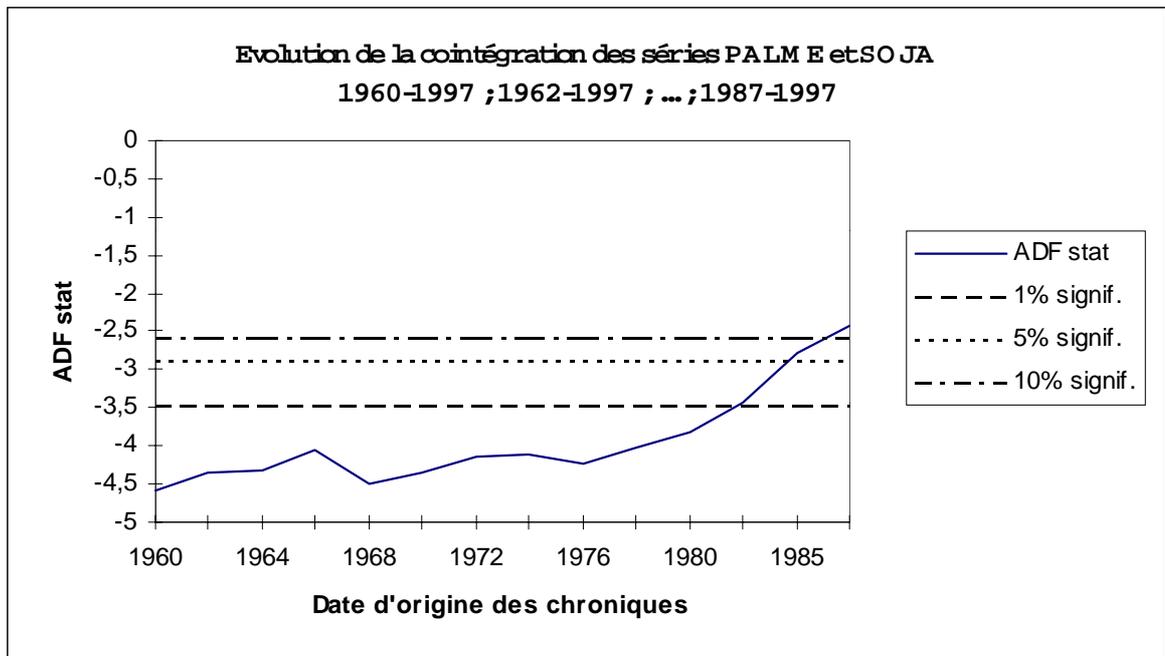
La cointégration des séries « Palme » et « Soja », démontrée avec 1% d'erreur jusqu'en 1978, s'atténue progressivement ensuite jusqu'à disparaître à partir de 1985, date du décès statistique.

Tableau 10.2 : Chronique d'une disparition (bis)

	1960	1962	1964	1966	1968	1970	1972	1974	1976	1978	1980	1983	1985	1987
ADF	-4.59	-4.34	-4.30	-4.04	-4.50	-4.34	-4.15	-4.10	-4.22	-4.02	-3.82	-3.43	-2.79	-2.41
p (aic)	5	5	5	5	1	1	1	2	2	2	2	2	2	4

L'hypothèse nulle de racine unitaire dans le résidu Y de notre régression de cointégration est rejetée avec une erreur de 1% jusqu'en 1983 (contre 1980 précédemment), avec une erreur de 5% à partir de 1985 (contre 1983 précédemment), avec une erreur de 10% à partir de 1987 (contre 1985). On considère donc que la cointégration des séries « Palme » et « Soja » est démontrée ici avec 1% d'erreur jusqu'en 1980, pour s'atténuer progressivement ensuite jusqu'à disparaître à partir de 1987 : les deux autopsies fournissent un diagnostic légèrement différent. Concluons en normand : autour de 1985, les séries « palme » et « soja » n'obéissent plus aux mêmes fondamentaux (graphique 10.4).

Graphique 10.4



On confirme ce résultat par les tests, simples et robustes, de causalité de Granger. On régresse la série palme sur elle-même avec p retards et sur la série soja avec p retards également :

$$PALME(t) = \text{constante} + \sum_{i=1}^p a_i * PALME(t-i) + \sum_{i=1}^p b_i * SOJA(t-i) + e(t) \quad [10.3]$$

où $e(t) \sim N(0, 1)$.

On teste $\forall i b_i = 0$. Si l'hypothèse ne peut être rejetée, alors la prédiction de « palme » à partir d'elle-même est meilleure que la prédiction de « palme » à partir d'elle-même et de « soja » : soja « n'implique pas » palme au sens de Granger. Les résultats sont fournis tableau 10.3 :

Tableau 10.3 : SOJA implique PALME au sens de Granger

	1960	1962	1964	1966	1968	1970	1972	1974	1976	1978	1980	1983	1985	1987
F-stat	4.19	3.98	3.68	3.42	2.89	2.34	2.27	1.55	1.54	2	1.96	2.03	2.22	1.30
signif	1%	1%	1%	1%	2,5%	5%	10%	NS	NS	10%	10%	10%	10%	NS

NS = non significatif

La causalité au sens de Granger liant « soja » et « palme » disparaît à partir de 1974 ; elle est trop faible pour être réellement significative entre 1978 et 1985 ; en 1987 on ne la rencontre plus. Ce résultat est corroboré par ceux fournis par le même test sur deux périodes de longueur égale, la première allant de 1960 à 1972, la seconde couvrant les années 1975-1997 (tableau 10.4).

Tableau 10.4 : SOJA implique PALME au sens de Granger, deux périodes

Période	F-stat	Signif
1960-1972	4.23	1%
1975-1997	2.03	NS

La causalité inverse, en revanche (les causalités réciproques au sens de Granger ne sont pas exclues : lorsqu'on les constate, elles appuient l'hypothèse d'une intégration symétrique des séries) est plus forte en seconde période qu'en première (tableau 10.5).

Tableau 10.5 : PALME implique SOJA au sens de Granger, deux périodes

Période	F	Signif
1960-1972	2.47	5%
1975-1997	2.95	2.5%

Les cours de l'huile de palme se désolidarisent de ceux du soja et gagnent même quelque influence sur eux. Quant au suif, il est un vieux compagnon délaissé (tableaux 10.6 et 10.7).

Tableau 10.6 : SUIF implique PALME au sens de Granger, deux périodes

Période	F-stat	Signif
1960-1972	1.98	10%
1975-1997	0.97	NS

Tableau 10.7 : PALME implique SUIF au sens de Granger, deux périodes

Période	F-stat	Signif
1960-1972	1.10	NS
1975-1997	5.95	1%

L'implication du suif vers le palme n'est significative qu'à 10% avant 1972 et s'inverse ensuite. Leader en volume, l'huile de palme devient leader par l'autorité de ses prix à partir du milieu des années 70. Profitons de ce que les tests de cointégration sont expliqués, les outils déballés, pour les utiliser afin de confirmer rétrospectivement le passage du monde non alimentaire monde alimentaire entre les deux guerres, période sur laquelle nous ne reviendrons plus par la suite.

IV) Application : période 1879-1939

On teste d'abord la cointégration des séries « PALME » et « ARACHIDE » (huile alimentaire) sur deux périodes de longueur égale, la première couvrant les années 1879-1891, la seconde les années 1927-1939. Puis on procède de même entre le « PALME » et le « BEURRE » ; enfin entre le « PALME » et le « LIN ».

1) Séries « PALME » et « ARACHIDE »

Les résultats de la première période sont les suivants :

TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT			
Using data from 1879:06 to 1891:12			
Choosing the optimal lag length for the ADF regression using the AIC model selection criterion.			
Augmented Dickey-Fuller t-test : -2.4514			
Valeurs critiques :	1%	5%	10%
	-3.46	-2.88	-2.57

L'hypothèse de racine unitaire ne peut être rejetée : la série des résidus de l'équation de cointégration n'est pas stationnaire. L'hypothèse de cointégration est en conséquence rejetée.

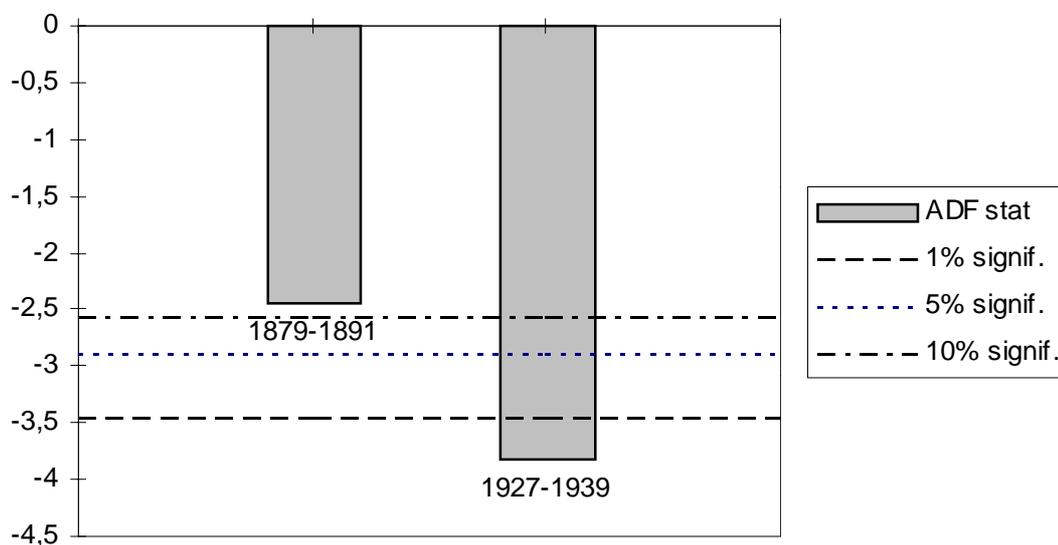
Les résultats sur la période 1927-1939 donnent :

TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT			
Using data from 1927:06 to 1939:12			
Choosing the optimal lag length for the ADF regression using the AIC model selection criterion.			
Augmented Dickey-Fuller t-test : -3.8310			
	1%	5%	10%
	-3.46	-2.88	-2.57

L'hypothèse de racine unitaire peut être rejetée sans risque (i.e avec un risque maximum de 1%) : la série des résidus est stationnaire. « Palme » et « Arachide » sont cointégrées, à la différence de la période précédemment étudiée (graphique 10.5).

Graphique 10.5

Cointégration des séries PALME et ARACHIDE 1879-1891 ; 1927-1939



2) Séries « PALME » et « BEURRE »

Les deux périodes sont inchangées : 1879-1891 et 1927-1939. On cherche à confirmer le passage de l'huile de palme du monde non alimentaire au monde alimentaire au seul examen des mouvements de prix. Durant la période 1879-1891 les résultats sont :

TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT

Using data from 1879:06 to 1891:12

Choosing the optimal lag length for the ADF regression using the AIC model selection criterion.

Augmented Dickey-Fuller t-test : -1.9147

	1%	5%	10%
	-3.46	-2.88	-2.57

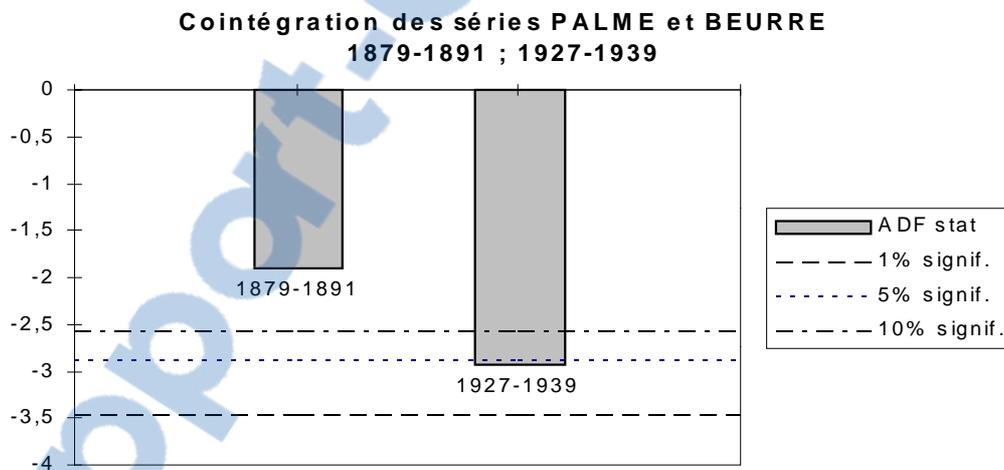
L'hypothèse de cointégration est rejetée.

On obtient durant la période suivante, entre 1927-1939 les résultats suivants :

TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT			
Using data from 1927:06 to 1939:12			
Choosing the optimal lag length for the ADF regression using the AIC model selection criterion.			
Augmented Dickey-Fuller t-test :		-2.8301	
1%	5%	10%	
-3.46	-2.88	-2.57	

L'hypothèse d'intégration des séries « palme » et « beurre », rejetée durant la période 1879-1891, est acceptée sur l'intervalle 1927-1939 : l'huile de palme entre le monde de la margarine dont les prix sont dictés par ceux du beurre importé (graphique 10.6).

Graphique 10.6

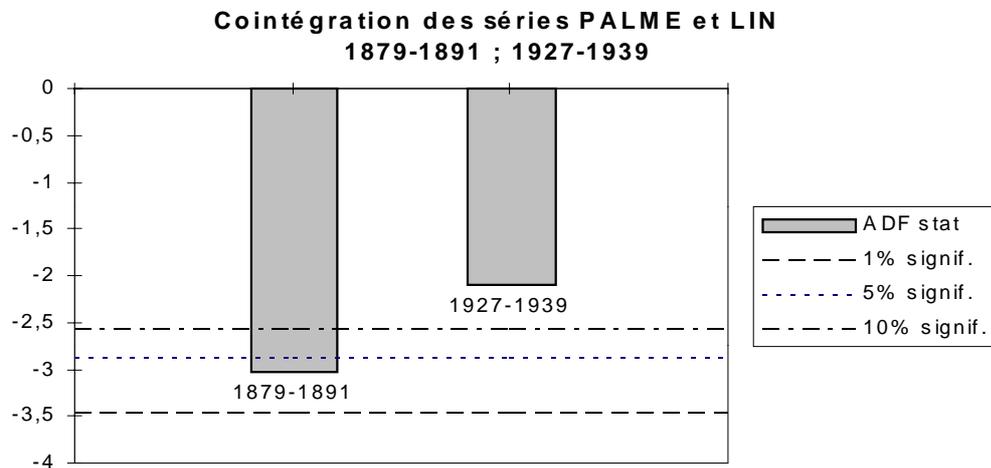


3) Séries « PALME » et « LIN »

Dernier test, qui vise à repousser l'hypothèse d'une cointégration générale des prix des huiles et des corps gras durant l'entre-deux guerres. Les valeurs du test ADF sont de -3.02 durant la période 1879-91 et de -2.09 durant la période 1927-1939 : l'intégration des séries « PALME » et « LIN » confirmée durant la période 1879-1891 disparaît entre 1927 et 1939 : l'huile de palme entre dans le monde alimentaire, avec ses

larges volumes de demande, tandis que l'huile de lin se cloisonne dans le secteur non alimentaire (graphique 10.7).

Graphique 10.7



CONCLUSION

On a pendant cinq chapitres tenté de remonter à la source de l'échange international d'huile de palme puis à son essor. Depuis les premières tonnes importées en Grande-Bretagne. De manière elliptique, depuis l'invention de la presse à pilon au XVIIème siècle, grâce à laquelle est extraite l'huile des graines oléagineuses, une paternité hollandaise. Le nombre des moulins à huile se multiplie jusqu'au XIXe siècle ; aux Pays-Bas on en compte 430 en 1818, 536 en 1874 ; mais la plupart sont des moulins de faible dimension, d'usage local, utilisés par des paysans cultivant généralement de petites quantités de graines de lin ou de colza. L'huile est auto-consommée ; les tourteaux de lin ou de navette nourrissent le bétail. Bon nombre de moulins à huile servent aussi de moulins à blé ou sont munis d'une installation pour fabriquer du savon, du vernis, de la laque. La situation aux Pays-Bas est représentative de celle que connaissent les pays du nord de l'Europe. Les graines oléagineuses servent d'abord en tourteaux ou en engrais ; on utilise l'huile marginalement à des fins alimentaires : l'éclairage et le savon en sont les premiers débouchés. Après les guerres napoléoniennes, l'Angleterre industrielle, la première, en réclame. Le suif russe, brésilien, argentin puis américain, sous produit de la viande, est vendu à faible prix et

trouve grâce au réseau de canaux britannique, un accès peu onéreux aux grandes centres de l'industrie des corps gras : Merseyside, Bristol, Londres et Newcastle. La suppression de l'esclavage et un coup de pouce du gouvernement britannique font taire les protestataires : les négociants de Liverpool poursuivent leurs affaires avec les rois africains mais ne chargent plus des esclaves, simplement un substitut, immédiat en ce qu'il n'entraîne aucun coût de transaction supplémentaire, l'huile de palme. Le produit change, les commerçants sont les mêmes.

L'Europe manque de corps gras. Vers 1850 deux usines (à Gouda et à Schiedam) produisent aux Pays-Bas des bougies stéariques à des fins d'exportation : elles saponifient les graisses, séparent les acides sébaciques, purifient les acides, moulent les bougies. Elles importent de l'huile de palme, du talc, à Rotterdam, par voie d'Angleterre et de Hambourg. La stéarine produite par les deux usines est expédiée (sous forme de bougies, pains ou blocs) vers l'Allemagne, le Vénézuéla, la Colombie, l'Italie et la Grande-Bretagne. L'essor est foudroyant. L'oléine, résidu de la fabrication de la stéarine, est utilisée dans l'industrie des tissus (apprêt des laines) et dans les fabriques de savon ; elle est exportée en Prusse, au port franc de Hambourg et en Belgique. La seconde moitié du XIXe voit l'industrie artisanale de l'huile se transformer et se concentrer dans de grandes usines à vapeur dont les presses hydrauliques multiplient les rendements par trente. Elles travaillent non seulement pour la consommation du pays mais aussi pour le commerce mondial. Au tournant du siècle, elles pressent le colza domestique, le lin domestique ou d'importation (Etats-Unis, Argentine, Indes Anglaises), les arachides de « Sénégal » et de Java ; le sésame de Java et d'Inde et les fèves de soja de Mandchourie. Rotterdam importe graines et noix qu'elle exporte vers l'Allemagne qui se spécialise dans la trituration, reçoit l'huile en retour, qu'elle intègre aux margarines ; puis les margarines sont exportées. La *Vitello* de Jurgen's et la *Solo* de Van der Bergh's quittent Rotterdam pour la Grande-Bretagne, le Danemark, l'Islande, l'Egypte, la Turquie, les Indes Néerlandaises, la Chine et le Japon. Un marché international est né. Né en caricaturant un peu de la demande industrielle britannique de corps gras, des antécédents historiques des Pays-Bas dans le commerce du premier corps gras alimentaire, le beurre, et du choix de Bismarck de fournir aux fermiers prussiens des tourteaux à faible prix.

On a attribué deux paramètres de structure à ce commerce dans l'introduction : la taille du marché et sa vitesse d'ajustement. On a dit que dans l'hypothèse où la

première dépendait du taux de croissance des volumes échangés et de la hiérarchie des huiles commercialisées, deux périodes de « grande taille » devaient être retenues : la décennie 1930 (multiplication par trois de la part de marché de l'huile de palme en savonnerie et accès au marché alimentaire en Grande-Bretagne) et les années suivant 1972, date qui marque le premier passage de l'huile de palme devant l'huile de soja dans le commerce mondial. La vitesse d'ajustement, dans l'hypothèse où elle dépend de la distance géographique séparant l'offre d'exportation de la demande d'importation, se scinde en deux à partir du milieu des années 70 : un commerce asiatique de courte distance se superpose au commerce historique de longue distance entre le golfe de Guinée et la Grande-Bretagne qui s'est lui même transformé après la seconde guerre mondiale en commerce entre l'Asie du sud est (Malaisie, Indonésie) et Rotterdam.

Le rapport du temps d'acheminement de l'huile de palme de Malaisie ou d'Indonésie à Bombay sur le temps d'acheminement de cette même huile jusqu'en Europe est environ d'1/5. Ces précisions apportées, on décide pour terminer de dresser le tableau synthétique suivant, en écrivant λ_1 la vitesse d'ajustement du marché de longue distance (posée égale à 1), λ_2 la vitesse d'ajustement du marché de courte distance (on a dit que le rapport des traversées était d'1/5 : on suppose la vitesse d'ajustement de ce marché cinq fois supérieure) et μ la taille du marché (taux de croissance et hiérarchie) que l'on choisit entre 1 et 5 (plus élevée est sa valeur, plus haute est la place de l'huile de palme dans la hiérarchie des huiles et forte la croissance de ses échanges) :

Tableau 10.8 : taille de marché et vitesse d'ajustement, 1818-1997

	λ_1	λ_2	μ
Jan 1818 – déc 1929	1	0	1
Jan 1930 – déc 1939	1	0	> 3
Jan 1940 – déc 1971	1	0	1
Jan 1972 – déc 1997	1	5	≥ 1

On aurait dû en toute rigueur ajouter une cinquième ligne et séparer la dernière période (1972-1997) en deux sous périodes afin d'isoler la date réelle de dichotomie de l'horizon d'échange : λ_2 devient non nul autour de 1976 (premières exportations d'huile de palme raffinées malaysiennes vers l'Asie) et non 1972. Mais pour 4 ans... Ces valeurs seront intégrées à un modèle de changements de la volatilité dans la dernière partie qui s'ouvre maintenant.

TROISIEME PARTIE

Deux modèles déterministes des changements de la volatilité

On vérifie par deux modèles notre troisième hypothèse (H3 dans l'introduction) : la taille du marché et la vitesse de réaction sont les déterminants des changements de la volatilité. Le chapitre 11 présente un modèle à deux horizons et un produit tiré d'un modèle boursier de Day et Huang (1990). Des améliorations lui sont apportées afin de le rendre plus conforme à la réalité. Bien que notre hypothèse H3 soit par le modèle vérifiée, un défaut persiste, qui existait chez Day et Huang : la singularité de la distribution des variations de prix simulées. Trop éloignée des distributions réelles, elle nous empêche de conclure à une parfaite reproduction du fonctionnement du marché. H3 est-elle une hypothèse invérifiable ? Aurions-nous oublié un déterminant ? Notre erreur a été de raisonner en modèle d'équilibre partiel, en négligeant les substitutions entre huiles. Nous corrigeons cette erreur dans le dernier chapitre de la thèse qui se clôt par une simulation, de 1818 à 1997 des variations de prix de l'huile de palme à partir d'un modèle à deux horizons et deux produits, dans lequel sont retenues les valeurs successives des paramètres de proximité et de taille (λ et μ) fournies par l'étude historique du marché en conclusion du chapitre 10. La distribution des prix est parfaitement « réaliste » ; H3 est acceptée.

CHAPITRE 11

Un modèle à deux horizons et un produit

On sait que dans le marché canonique de concurrence pure et parfaite, les firmes et les ménages, dépourvus de pouvoir de monopole, offrent et demandent des biens en réponse aux prix courants et attendus, de manière à maximiser leur bien-être. Si offre et demande sont en déséquilibre, alors la concurrence instaure des ajustements de prix qui rééquilibrent et soldent le marché. Dans le cas walrasien, le marché réagit comme si un commissaire priseur ajustait les prix en réaction à l'excès d'offre ou de demande. Formalisé par Samuelson (1947) puis Day (1994), le tâtonnement walrasien peut déboucher sur une dynamique périodique, pseudo-périodique ou complexe (chaos ou changements de régime) en fonction de la valeur de certains paramètres qui nous intéressent au premier chef. Nous présentons ce modèle. En retenant un intermédiaire, le négociant, comme unité de décision sur le marché mondial – c'est en effet lui, qui, au téléphone, donne les ordre d'achat et de vente et détermine au total le niveau du prix à chaque période – nous essayerons dans un second temps de décrire mathématiquement le comportement des négociants à partir de nos entretiens, en distinguant le négociant de court terme, intervenant sur un marché « spot » lequel s'intitulera marché « Bombay », du négociant de long terme ou négociant « Rotterdam », qui, pour faire parvenir la marchandise à Rotterdam depuis Port Klang en Malaisie, Singapour ou Medan en Indonésie, est exposé au risque des variations de prix sur la période d'acheminement ; risque qu'il tente de neutraliser par des stratégies de couverture ou *hedging* dont le coût est totalement exempt du budget et des contraintes de son homologue indien.

Les stratégies des négociants « Bombay » et « Rotterdam » seront dans un premier temps écrites conformément à Day et Huang (1990) et Day (1994) lorsqu'ils décrivent les stratégies des intervenants de court terme ou « spéculateurs » et des intervenants de long terme ou « fundamentalistes » sur un marché financier. Ce sera le modèle Day-Huang. Nous le modifierons à partir de nos entretiens : de l'aveu même des négociants le modèle Day-Huang est trop grossier et néglige au moins trois particularités du marché dont nous tenterons de tenir compte dans un nouveau modèle ou modèle Rotterdam-Bombay. Enfin, les estimations et les mesures des changements de la volatilité dans ce dernier modèle termineront le chapitre.

I) Le tâtonnement walrasien formalisé par Samuelson

On note $S(p)$ et $D(p)$ l'offre et la demande d'huile de palme de prix p . A la suite de Samuelson¹ on définit la demande excédentaire comme la différence $S - D$: $e(p) = D(p) - S(p)$. Samuelson précise que la fonction e est croissante et monotone, ce qui en temps discret signifie que l'on a : $p_{t+1} = p_t + g[e(p_t)]$ avec g fonction croissante et monotone (graphique 11.1). Dans la version la plus simple de l'ajustement walrasien, on suppose que la fonction g prend la forme $g[e(p)] := \lambda e(p)$, où λ constante positive est appelée la « vitesse d'ajustement » ou « vitesse de réaction » du marché. Il est courant d'autre part de considérer non pas une fonction d'offre ou de demande singulière mais une classe de ces fonctions générée par un paramètre μ . On écrit $D_\mu(p) = \mu D(p)$ et $S_\mu(p) = \mu S(p)$. La demande excédentaire devient :

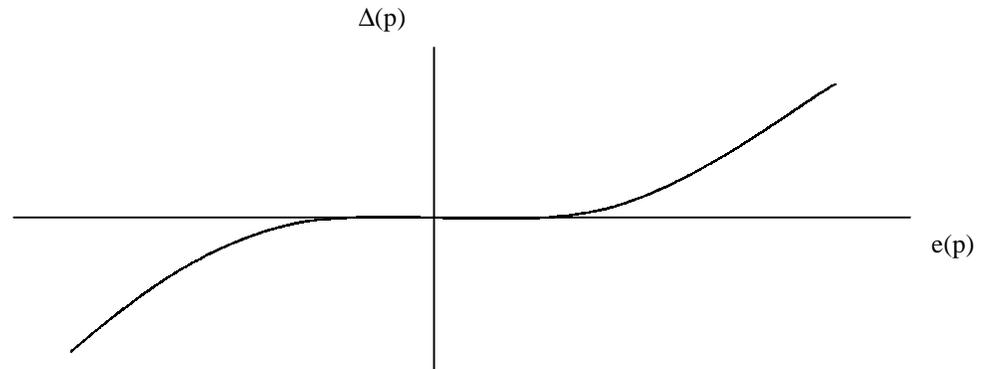
$$e_\mu = \mu e(p) \quad [11.1]$$

¹ Samuelson (1947 : 263) repris par Day (1994) qui rappelle les antécédents de la modélisation du tâtonnement walrasien en temps discret : Saari et Simon (1978), Saari (1985), Saari et Williams (1986), Bala et Majumdar (1992). La première présentation par Day d'un modèle walrasien générant des chroniques de prix chaotiques remonte à 1981 à l'Institut Henri Poincaré à Paris.

μ est la « force » du marché (*market strength*) ou son étendue (*extent of the market*) selon les auteurs. Elle est généralement donnée relativement à la situation de base $\mu = 1$. Enfin, puisque le prix ne peut être négatif, l'équation d'ajustement des prix prend la forme :

$$p_{t+1} = \theta_{\mu}(p_t) = \max\{0, p_t + \lambda\mu e(p_t)\} \quad [11.2]$$

Graphique 11.1 : Demande excédentaire et ajustement de prix



1) La version linéaire de l'ajustement

On exprime l'offre et la demande comme des fonctions affines du prix :

$$D_{\mu}(p) := \mu(a - bp) \quad [11.3]$$

$$S_{\mu}(p) := \mu(c + dp) \quad [11.4]$$

Par souci de simplicité, les contraintes de non négativité des fonctions D et S sont laissées de côté pour l'instant. La demande excédentaire s'écrit :

$$e_{\mu}(p) := \mu(a - c - (b + d)p)$$

L'équation d'ajustement des prix [11.2] prend la forme :

$$P_{t+1} = \theta_{\mu}(p_t) := \max\{0, \lambda\mu(a - c) + [1 - \lambda\mu(b + d)]p_t\} \quad [11.5]$$

Le prix d'équilibre, égalisant l'offre et la demande, vaut :

$$\tilde{p} = (a - c)/(b + d) > 0 \quad [11.6]$$

Plusieurs cas sont possibles : divergence monotone de \tilde{p} , convergence asymptotique et monotone vers \tilde{p} , oscillations et convergence asymptotique, oscillations et divergence explosive. Des exemples sont donnés graphiques 11.2 et 11.3 (on a conservé les prix en abscisse et les quantité en ordonnée). En supposant par ailleurs, et de façon tout à fait courante, que la fonction de demande est de pente négative (soit $b > 0$), qu'inversement la fonction d'offre est de pente positive ($d > 0$) ; qu'au prix nul la demande est supérieure à l'offre ($a > c$) ; enfin en supposant que $c \geq 0$ alors on montre que la convergence asymptotique vers le prix d'équilibre survient si et seulement si (Day, 1994 : 90, 108) :

$$|\theta'_{\mu}(\tilde{p})| < 1 \quad \text{soit}$$

$$|\theta'_{\mu}(\tilde{p})| = |1 - \lambda\mu(b + d)| < 1$$

Mais puisque b et d sont supposés positifs, cette inégalité n'est possible que lorsque :

$$0 < \lambda\mu(b + d) < 2 \quad [11.7]$$

On voit que pour n'importe quels b et d positif, et pour n'importe quelle taille de marché μ , si la vitesse d'ajustement λ est « suffisamment petite », alors la

condition [11.7] est remplie et la stabilité asymptotique de la convergence vers le prix d'équilibre assurée. Inversement l'instabilité au voisinage du prix d'équilibre se rencontre si :

$$|\theta'_\mu(\tilde{p})| > 1 \quad \text{soit}$$

$$|\theta'_\mu(\tilde{p})| = |1 - \lambda\mu(b+d)| > 1 \quad [11.8]$$

Ce qui, compte tenu de nos hypothèses sur les pentes respectives de l'offre et de la demande ne se produit que lorsque :

$$\lambda\mu(b+d) > 2 \quad [11.9]$$

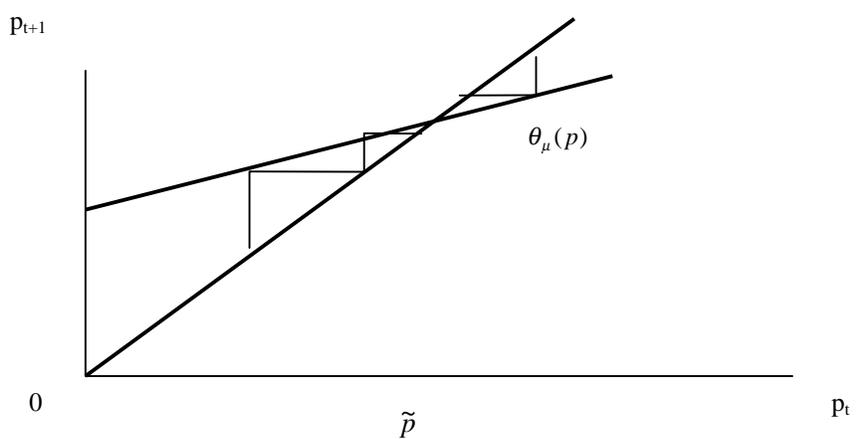
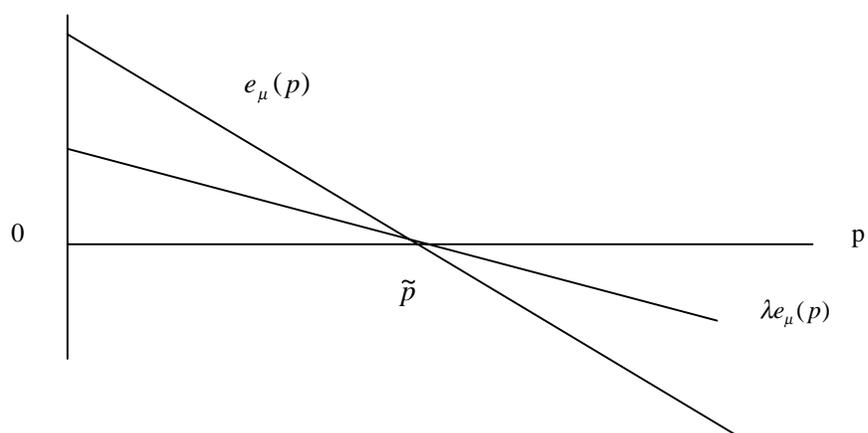
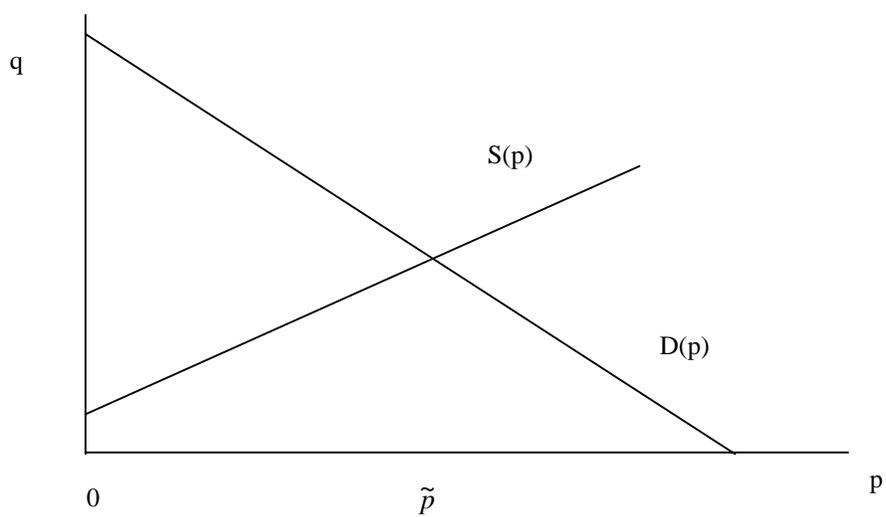
Ici, une vitesse d'ajustement λ « trop forte » déstabilise l'équilibre. Plus intéressant, note Day (1994 : 188), pour n'importe quelle vitesse de réaction λ assez élevée (« *strong enough* »), l'offre et la demande déstabilisent le prix d'équilibre. Et étant donnés λ , b et d , n'importe quelle taille de marché :

$$\mu > \frac{2}{\lambda(b+d)} \quad [11.10]$$

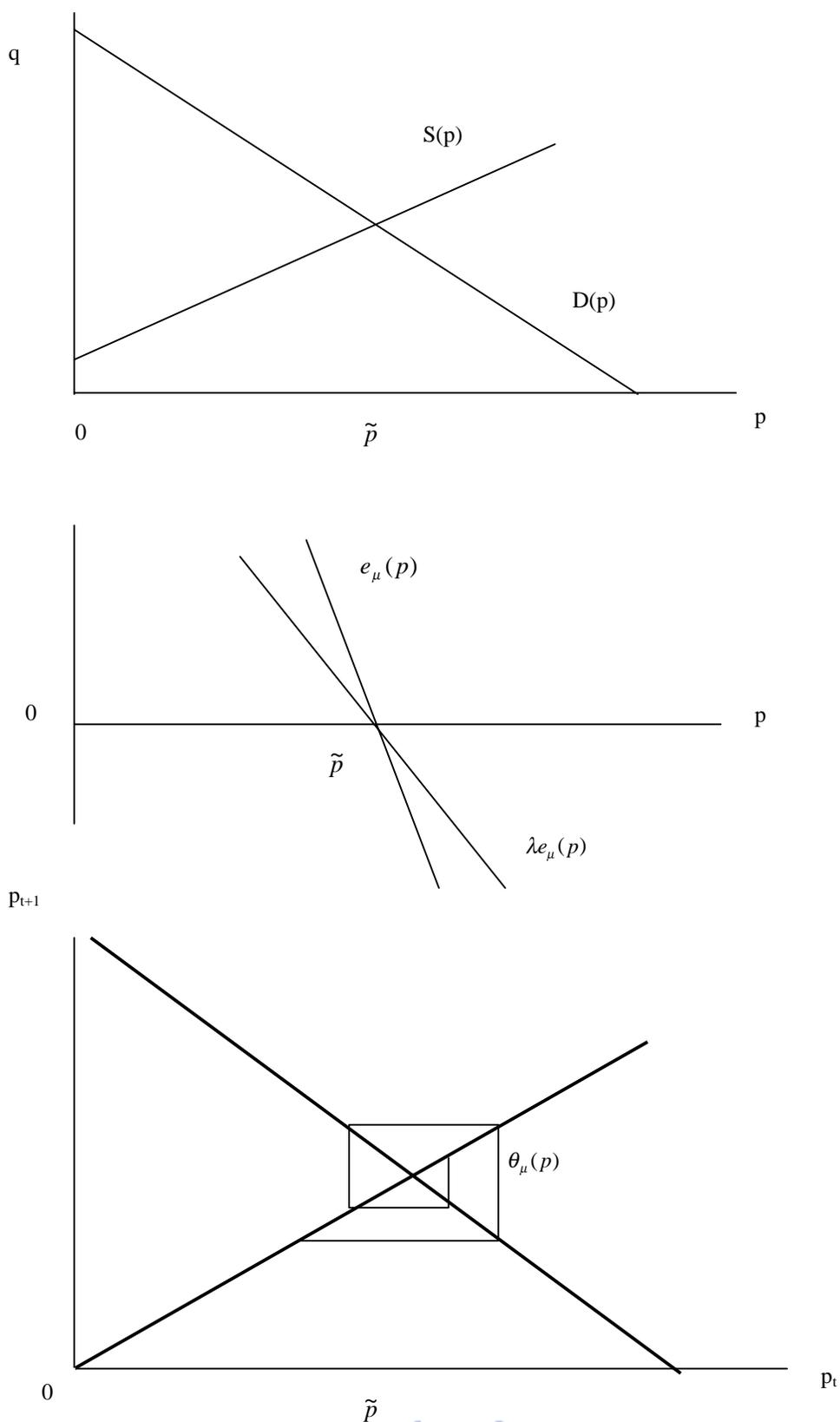
produira des cycles instables et divergents dans le voisinage de \tilde{p} . Ces cycles s'écartent de \tilde{p} jusqu'à ce la composante de l'ajustement linéaire dans [11.5] devienne négative ; le prix est alors fixé à 0 et une fluctuation stable à deux périodes apparaît, d'orbite $\{0, \lambda\mu(a-c)\}$. Le marché est globalement stable mais le prix d'équilibre est toujours instable.

Cet exemple simple montre comment dans un marché « canonique » walrasien, la vitesse d'ajustement de la demande à l'offre et la taille du marché, en étant l'une ou l'autre trop importantes, peuvent déstabiliser le système et, lorsque ce système est un marché, l'empêcher d'atteindre son prix d'équilibre.

Graphique 11.2 : Tâtonnement asymptotique



Graphique 11.3 : Tâtonnement instable



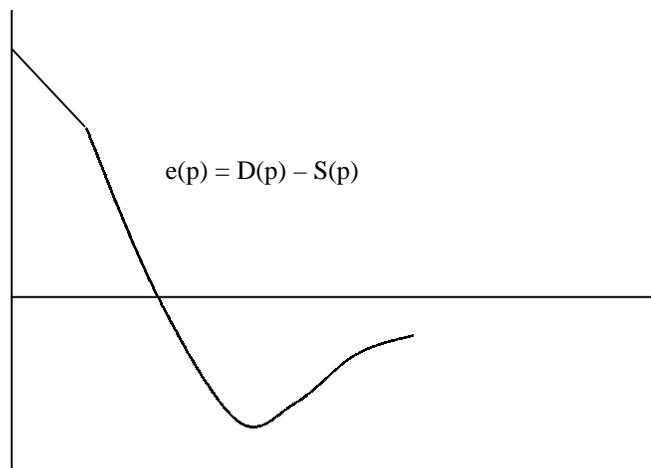
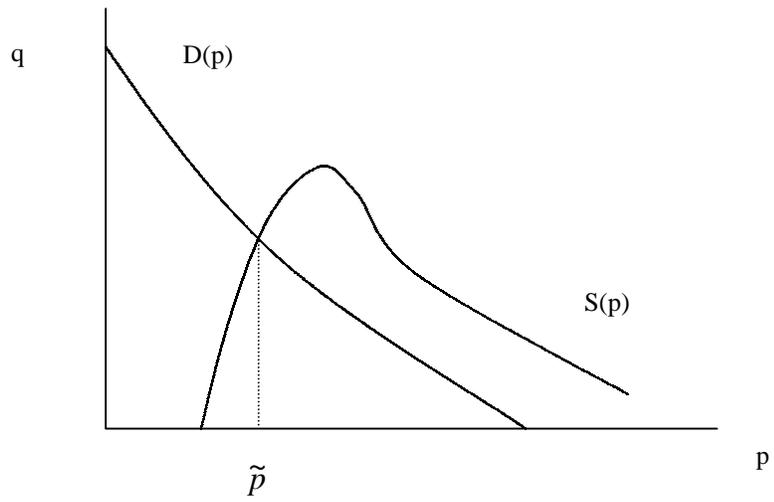
2) Un modèle non linéaire

Walras (1900) a développé un modèle non linéaire de tâtonnement à partir d'une fonction d'offre particulière, fondée sur l'hypothèse qu'en réponse à une augmentation du revenu, l'offreur réduit son output et consacre davantage de temps aux loisirs ou à la production d'un autre bien². Day (1994 : 190) : « *Downward-bending supply functions are far-fetched. They have been suggested for labor, aggregate farm-output, and fishing, so they are more than an idle curiosity* ». Une illustration en est donnée graphique 11.4.

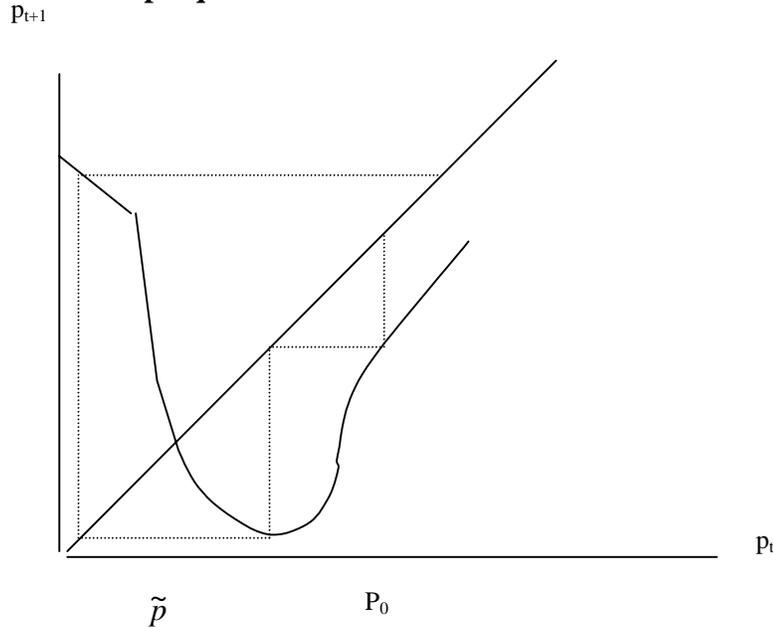
Les propriétés de convergence, divergence, périodes des chroniques etc. dépendent, comme dans le modèle linéaire, des paramètres d'ajustement λ et μ . On obtient la fonction de demande excédentaire en calculant, à la verticale, la différence entre les courbes S et D du graphique supérieur. Le mécanisme de tâtonnement est visualisé comme dans le cas précédent en multipliant la fonction de demande excédentaire par $\lambda\mu$ et en ajoutant le résultat à la première diagonale (graphique 11.5 avec $\lambda\mu = 1$ d'après Day, 1994 : 192).

² Copes (1970) et Crutchfield et Farmer (1982) ont par exemple appliqué ce type de fonction d'offre à l'industrie de la pêche. Samuelson et Nordhaus (1989 : 560) en font un usage plus général et théorique. La conformité de pareille fonction à l'offre d'huile de palme, si elle est douteuse dans la période actuelle où les plantations industrielles d'Indonésie et de Malaisie approvisionnent le marché aux $\frac{3}{4}$ sans que jamais le temps de loisir ne soit préféré au travail au-delà d'un seuil de revenu, n'a rien d'in vraisemblable en revanche dans le cas de l'offre d'huile des palmeraies africaines jusqu'à la première voire la deuxième guerre mondiale, palmeraies « naturelles » exploitées pour le surcroît de revenu qu'elles offraient à des exploitants dont elles ne représentent pas pour autant le cœur d'activité.

Graphique 11.4 : Modèle walrasien et offre non linéaire



Graphique 11.5 : Tâtonnement walrasien et offre non linéaire



La pente de l'application θ (donnée sur le graphique ci-dessus) au point d'équilibre \tilde{p} étant clairement inférieure à 1, le prix d'équilibre \tilde{p} est instable. D'autre part, il est possible de trouver un prix initial p_0 à partir duquel des cycles de tout ordre existent. Day (1994 : 193) : « *Evidently, the Walras example for tâtonnement may converge to a stationary solution ; but the price trajectory could also be cyclic or chaotic, depending on the speed of price adjustment and the extent of the market* » : tout est dit. Un exemple numérique du modèle walrasien, produisant le type de graphique ci-dessus, est donné par Day (1994 : 193) : il confirme que l'accroissement de la taille du marché et/ou de la vitesse d'ajustement impriment aux chroniques une dynamique complexe culminant en chaos. L'exemple numérique est le suivant :

$$S(p) = \begin{cases} 0, & 0 \leq p < p' \\ B(p - p')^\gamma e^{-\delta p} & p' \leq p \end{cases} \quad [11.11]$$

L'offre est nulle jusqu'à ce que le prix atteigne la valeur p^0 , puis elle s'accroît, atteint un maximum et converge vers l'axe horizontal. La fonction de demande s'écrit sans surprise :

$$D(p) := \begin{cases} \frac{A}{a+b} - b, & 0 \leq p < p^0 \\ 0 & p^0 < p \end{cases} \quad [11.12]$$

avec $p^0 := A/(b-a)$ induisant une demande nulle. Entre 0 et $p^0 := A/(b-a)$, la fonction de demande est convexe. On n'a fait qu'écrire sous forme mathématique ce qu'illustrent les graphiques 11.4 et 11.5. Les résultats de simulations avec différentes valeurs de λ et μ donnent les résultats suivants :

1/ λ est fixé dans un premier temps : $\lambda = 0.5$.

Lorsque μ est inférieur à environ 0.86 les prix convergent vers l'équilibre.

Au-dessus de 0.86, des cycles de période 2, stable, émergent.

Ces cycles deviennent instables à partir de 1.04, tandis que des cycles d'ordre 4 font leur apparition.

Ainsi de suite avec l'accroissement de λ : au total, le doublement de la taille du marché (μ passe de 1 à 2) conduit à l'apparition d'une chronique chaotique.

2/ Lorsque μ est fixé ($\mu = 1$) et que λ varie, on obtient :

Avec une vitesse d'ajustement $\lambda < 0.43$, les prix convergent vers l'équilibre.

A partir de 0.52, des cycles apparaissent.

A partir de 0.6 environ, des cycles de longue amplitude et des fluctuations a périodiques se substituent aux cycles précédents.

« Consequently, in this example, for any market scale there is a speed of adjustment that will stabilize or destabilize the process ; for any speed of adjustment there is a market strength that will stabilize or destabilize the marketing process » conclut Day (1994 : 194).

II) Un modèle à deux horizons

Dans le paragraphe suivant est repris le comportement d'investisseurs de court et long terme tiré de Day et Huang (1990). Nous verrons que ce modèle à deux horizons ne permet pas de reproduire totalement les propriétés dynamiques des prix.

1) Une duplication du modèle Day-Huang (1990)

Les négociants de longue distance ou négociants « Rotterdam » considèrent qu'à long terme les prix doivent refléter la valeur fondamentale du produit, valeur qu'ils ignorent et estiment à un horizon donné : soit u la valeur fondamentale anticipée par les négociants « Rotterdam » du prix de la CPO à un horizon réaliste dans leurs affaires de six mois. Ils estiment u à partir de leur connaissance des fondamentaux, comme les stocks européens, malaysiens, indonésiens d'huile de palme, la consommation passée de leurs clients, dont ils déduisent la consommation à venir, et les stocks embarqués (connaissance du fret). Ils se servent également des statistiques courantes sur l'état de la production oléagineuse mondiale (USDA, Oil World) et des informations obtenues par téléphone auprès de *brokers* et *traders* disséminés dans tous les ports, enfin de leur « nez » : le sentiment. Sort de cet ensemble de sources disparates une valeur u anticipée reflétant l'état des fondamentaux du marché à l'horizon de six mois d'après le négociant « Rotterdam ». La comparaison entre le prix anticipé u et le prix courant p dirige la stratégie d'achat et de vente du négociant « Rotterdam ». Lorsque $p < u$, un gain peut être réalisé à l'achat. Plus p est bas et « loin » de u plus grande est l'opportunité perçue de réaliser un profit. Lorsque p s'approche d'un prix plancher anticipé p^B , l'opportunité de gain est quasi certaine. A l'inverse, lorsque $p > u$, c'est une perte qui est envisagée. Plus p est haut et « loin » de u , plus grande est la probabilité de perte si la décision de vendre est retardée. Lorsque p approche d'une

valeur plafond anticipée p^T la probabilité de perte devient quasi certaine. En conséquence la stratégie du négociant « Rotterdam » est-elle de pondérer l'écart $p - u$ par la probabilité de perte ou de gain, probabilité nulle lorsque $p = u$ et égale à l'unité lorsque $p = p^B$ ou p^T . On suppose pour simplifier que la stratégie « Rotterdam » est d'acheter ou de vendre en proportion du produit de ces termes (i.e. de l'écart pondéré). La stratégie d'achat et de vente du négociant « Rotterdam » est notée $R(p)$. On déduit de ce qui précède que $R(p)$ prend une valeur constante positive notée A lorsque le prix p se trouve en dessous du prix plancher (le gain est certain). $R(p)$ décroît de façon monotone tandis que p s'accroît puis il s'annule lorsque $p = u$ (ni perte ni gain : pas de décision d'achat ou de vente). Lorsque p dépasse la valeur u , le négociant « Rotterdam » décide de vendre : R prend des valeurs négatives. Lorsque le prix atteint et dépasse le prix plafond, les ventes sont constantes et valent A . En résumé :

$$R(p) = A, \quad R'(p) = 0 \quad p \leq p^B \quad [11.13]$$

$$R(p) > 0, \quad R'(p) \leq 0 \quad p^B < p < u \quad [11.14]$$

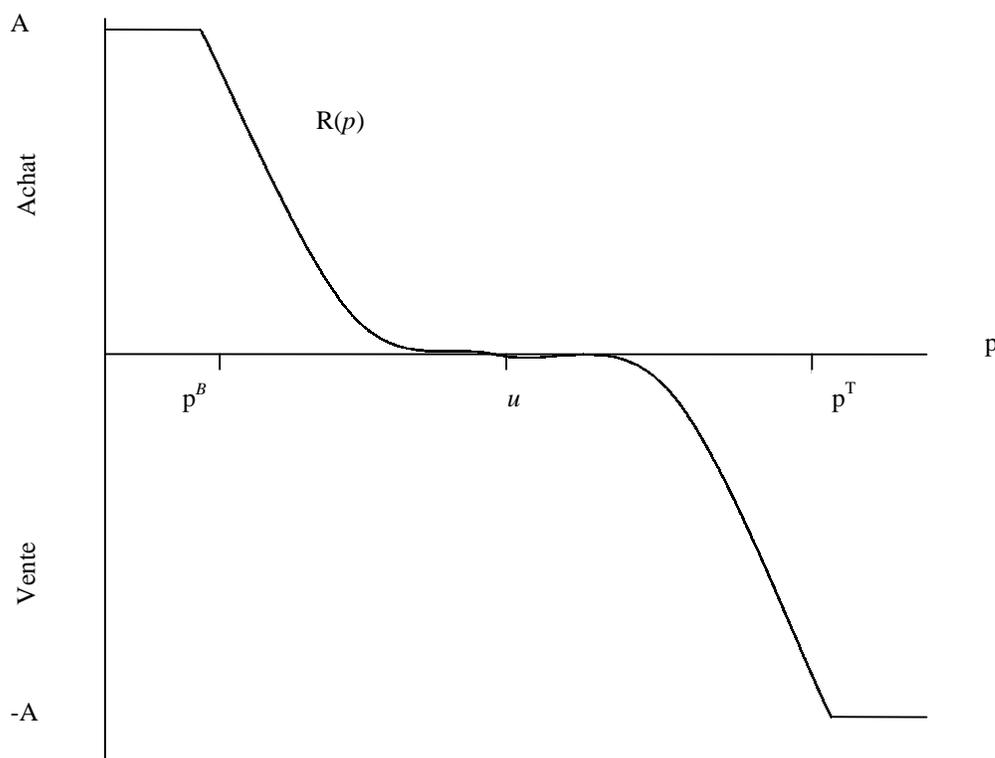
$$R(u) = 0, \quad R'(u) = 0 \quad p = u \quad [11.15]$$

$$R(p) < 0, \quad R'(p) \leq 0 \quad u < p < p^T \quad [11.16]$$

$$R(p) = -A \quad R'(p) = 0 \quad p \geq p^T \quad [11.17]$$

$R(p)$ prend l'allure suivante (graphique 11.6 page suivante) - allure commode puisque on suppose $|R(p)|$ symétrique et convexe sur l'intervalle $[p^B, p^T]$.

**Graphique 11.6 : Stratégie d'achat/vente des négociants « Rotterdam »,
modèle Day-Huang**



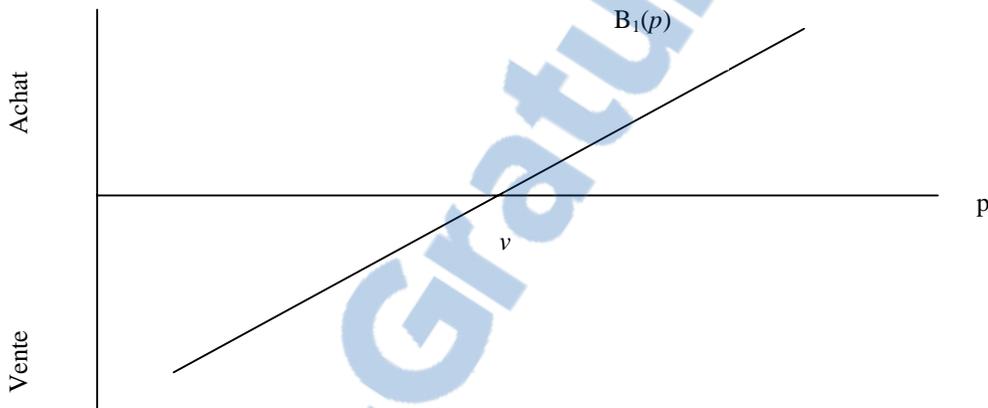
Abordons à présent le cas du négociant de court terme ou négociant « Bombay ». Il ne se soucie guère de la valeur de l'huile de palme dans six mois. Le délai de livraison, suffisamment court, lui permet d'acheter (resp. de vendre) spot : son unique souci est d'acheter lorsque le marché est haussier (*bullish*) et de vendre lorsqu'il est baissier (*bearish*) sur un intervalle très court, inférieur au mois. On note v la valeur courante fondamentale de l'huile de palme estimée par le négociant à l'endroit de la livraison. On émet l'hypothèse que le négociant « Bombay » utilise la stratégie la moins onéreuse et la plus rapide : il se fie à l'écart $p - v$ qui lui donne le signal du futur mouvement de prix. Lorsque cet égard est positif, le « marché » anticipe une tendance haussière ; lorsqu'il est négatif, le « marché » anticipe une tendance baissière. Le négociant « Bombay » achète dans le premier cas, vend dans

le second. Sa stratégie repose entièrement sur la dernière variation enregistrée. En notant $B_1(p)$ la stratégie d'achat et de vente du négociant « Bombay », on écrit :

$$B_1'(p) > 0 \quad \text{et} \quad B_1(v) = 0 \quad [11.18]$$

de représentation :

Graphique 11.7 : Stratégie du négociant « Bombay », modèle Day-Huang



La fonction de demande excédentaire est une fonction de demande agrégée, composée de la somme des ordres d'achat et de vente des négociants « Rotterdam » et « Bombay », ici :

$$e(p) := R(p) + B_1(p) \quad [11.19]$$

L'équation d'ajustement des prix prend la forme :

$$\theta_\mu(p) = \max\{0, p + \lambda \mu [R(p) + B_1(p)]\} \quad [11.20]$$

Evidemment les négociants indiens ont protesté. Leur comportement n'est pas aussi simpliste. Ce qui nous a incité à transformer le modèle.

2) Une modification du modèle Day-Huang

Quelles modifications apporter ? On en a retenu trois.

1 Le négociant « Bombay » n'achète pas (resp. ne vend pas) indéfiniment quand le marché est haussier (resp. baissier) et que grandit l'écart entre le prix de l'huile et la valeur fondamentale courante v : passé une certaine borne, le gain immédiat d'un achat ou d'une vente devient supérieur à l'espérance de gain de cette position décalée d'une ou plusieurs périodes dans le temps : quoi qu'il advienne dans le futur, le gain est certain en vendant immédiatement lorsque $p - v$ est positif et en achetant immédiatement lorsque $p - v$ est négatif, au-delà d'un certain écart $|p - v|$. Le négociant « Bombay » au-dessus d'un prix $p^Z > v$ inverse sa position et, d'achat, passe à la vente. De la même manière, lorsque le prix courant s'éloigne du prix fondamental estimé v et passe sous un certain seuil p^Y , la stratégie de vente s'inverse et de vendeur, le négociant « Bombay » se fait acheteur afin de profiter du *discount* $p - v$. En somme, plutôt que supposer que le négociant « Bombay » se réfère au signal donné par $p - v$ et vend (resp. achète) lorsque $p - v$ est négatif (resp. positif) linéairement, quelle que soit la valeur de cet écart, il est plus réaliste de limiter ce comportement à un ensemble borné de prix $[p^Y, p^Z]$. Les seuils p^Y, p^Z sont les coûts d'opportunité d'une vente ou d'un achat immédiats.

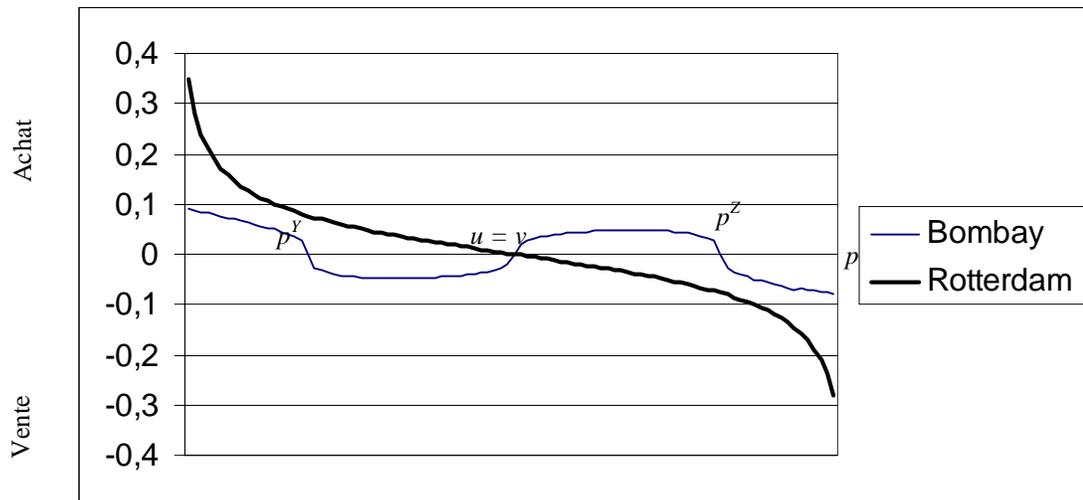
2 Deuxièmement, la possibilité d'acheter spot, sans couverture, et la sensibilité des réactions du négociant « Bombay » aux faibles variations de prix, se traduisent au voisinage de la valeur courante fondamentale estimée v par une tangente de pente beaucoup plus marquée qu'elle ne l'est dans le cas « Rotterdam » (au voisinage de u) et dans le cas précédent (stratégie 1) : la réaction du négociant « Bombay » est en effet beaucoup plus élastique aux faibles variations de prix $p - v$ que ne l'est celle du négociant « Rotterdam » aux faibles écarts $p - u$. Or cette élasticité est donnée par la pente de la tangente en v .

3 Day et Huang dans leur modèle supposent une vitesse de réaction λ homogène, commune aux négociants de court terme et de long terme. Il est nécessaire de faire la distinction entre l'ajustement, rapide, du marché « Bombay », de celui, plus lent, du marché « Rotterdam » : deux vitesses d'ajustement coexistent. On scinde le paramètre théorique λ en deux valeurs λ_1 et λ_2 , la première se rapportant au marché « Rotterdam », la seconde au marché « Bombay ». En posant ensuite le temps de réaction comme une fonction linéaire simple de la distance entre l'offre et la demande physique, on exprime mathématiquement l'idée d'un accroissement de la vitesse de réaction en proportion inverse de la distance : plus lointaine est la demande, plus faible est la vitesse de réaction ; plus proche est la demande – i.e. plus faible est la distance entre l'offre et la demande –, plus élevée est la vitesse de réaction.

L'histoire du marché, la première demande d'importation émanant d'Europe, nous incite à prendre la distance, et le temps de réaction, du marché Rotterdam comme repères. On pose $\lambda_1 = 1$. On note D_1 la distance entre l'offre et la demande sur le marché Rotterdam exprimée en semaines de bateaux, D_2 la distance entre l'offre et la demande sur le marché Bombay exprimée aussi en semaines de traversée. On choisit d'exprimer D_2 en proportion de D_1 : soit D cette nouvelle variable. On a $D = D_2 / D_1$. D est la distance séparant l'offre de la demande sur le marché Bombay, en proportion de la distance séparant l'offre de la demande sur le marché Rotterdam. On se souvient (cf. partie précédente) que le rapport entre les deux était environ d'un à cinq (une semaine de traversée contre un peu plus d'un mois). En supposant que la vitesse de réaction est inversement proportionnelle à la distance D , on écrit : $\lambda_2 = 1/D = D_2 / D_1$. On retiendra d'abord, avec $\lambda_1 = 1$, une valeur de λ_2 voisine de $1 / (1/5) = 5$ dans notre simulation.

Tout ensemble, ces modifications devraient se traduire par l'allure suivante des fonctions de vente et d'achat :

Graphique 11.8 : Stratégie 2 du négociant « Bombay » ou modèle Rotterdam/Bombay



On a, pour simplifier le graphique, fixé p^B à 0 et p^T à 1 et $u = v = 0.5$. On remarquera que le marché a toutes les probabilités de « percoler » au-delà de p^Y et p^Z : les deux types de négociants prennent la même position ; le marché s'effondre ou connaît un boom momentané.

Au total, la fonction de demande excédentaire est à nouveau une fonction de demande agrégée, composée de la somme des ordres d'achat et de vente des négociants « Rotterdam » et « Bombay », ici :

$$e(p) := R(p) + B_2(p) \quad [11.21]$$

L'équation d'ajustement des prix prend la forme :

$$\theta_\mu(p) = \max\{0, p + \mu\lambda_1[R(p)] + \mu\lambda_2[B_2(p)]\} \quad [11.22]$$

3) Applications numériques

L'écriture numérique, et non plus graphique, des stratégies R et B₁ est déduite de Day (1994 : 244). Le modèle baptisé Day-Huang s'écrit :

$$R(p) := \begin{cases} A^+, & p < p^B \\ a(u-p)k(p-p^B+\varepsilon)^{-c}(p^T+\varepsilon-p)^{-c}, & p^B \leq p \leq p^T \\ A^-, & p > p^T \end{cases} \quad [11.23]$$

avec $A^+ = a(u-p^B)k$, $A^- = a(u-p^T)k$, $k = \varepsilon^c(p^T-p^B+\varepsilon)^c$ et $0 < c < 1$. Et :

$$B_1(p) := b(p-v)$$

Les paramètres a et b donnent le poids respectif des négociants « Bombay » et « Rotterdam » dans le marché.

Les paramètres retenus pour la première estimation (modèle Day-Huang) sont les suivants :

$$\begin{aligned} u &= v = .5 \\ p^B &= 0 \\ a &= .2 \\ \mu &= 1 \\ \lambda &= \lambda_1 = \lambda_2 = 1 \\ p^T &= 1 \\ b &= .8 \\ \varepsilon &= .01 \\ c &= .5 \end{aligned}$$

Les résultats sont donnés par Day et Huang (1990 : 313) et Day (1994 : 246). Des cycles de longueur variable, haussiers et baissiers, se succèdent conformément à la réalité. « *A time series of prices generated by the model would not look exactly like a typical stock market series, but bear in mind that all of the coefficients have been held constant. [...] Nonetheless, numerical market simulation exhibits two salient features of real stock market data, namely, irregular fluctuations and randomly switching bear and bull markets* » (Day, 1994 :

246). Le seul défaut provient de la distribution empirique des variations de prix générées par le modèle, dissemblable des courbes leptokurtiques rencontrées sur le marché. La substitution de la stratégie « modifiée » du négociant Bombay à la stratégie initiale donne-t-elle de meilleurs résultats ?

On réécrit $R(p)$ dans ce qui devient le modèle Rotterdam/Bombay :

$$R(p) := \begin{cases} A^+, & p < p^B \\ a(u-p)k(p-p^B+\varepsilon)^{-c}(p^T+\varepsilon-p)^{-c}, & p^B \leq p \leq p^T \\ A^-, & p > p^T \end{cases} \quad [11.24]$$

avec $A^+ = a(u-p^B)k$, $A^- = a(u-p^T)k$, $k = \varepsilon^c(p^T-p^B+\varepsilon)^c$ et $0 < c < 1$. Et cette fois :

$$B_2(p) = (p-v)^{1/3} k'(p-p^Y+\varepsilon)^{1/3} (p^Z+\varepsilon-p)^{1/3} \quad [11.25]$$

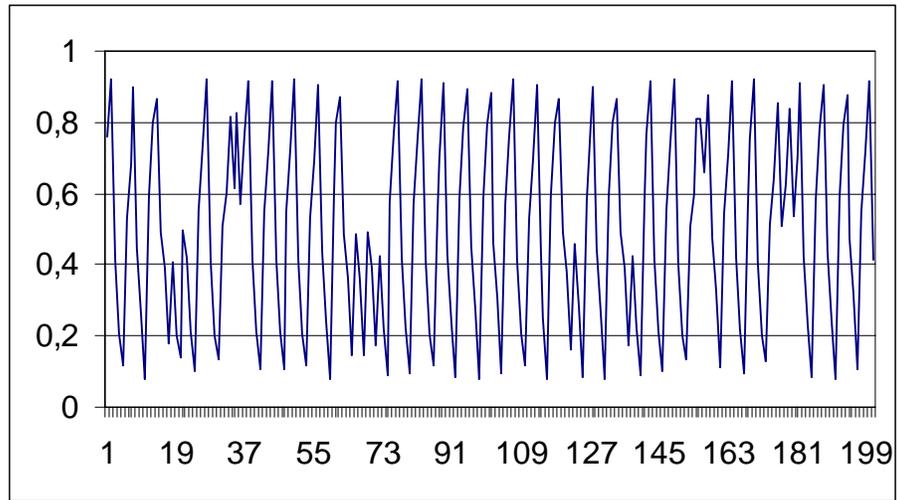
dont l'allure est donnée graphique [11.8] (avec p variant de 0,1 à 1, $p^Y = 0,2$, $p^Z = 0,8$ et $k' = \varepsilon^c(p^T-p^B+\varepsilon)^{1/3}$). Le modèle est estimé sur 10 000 périodes avec des valeurs de paramètres suivantes :

$$\begin{aligned} u &= v = .5 \\ p^B &= 0 \\ p^Y &= 0.2 \\ \mu &= 1 \\ \lambda_1 &= 1 \\ \lambda_2 &= 5.2 \\ p^Z &= 0.8 \\ p^T &= 1 \\ \varepsilon &= .01 \\ b &= 1 \\ c &= .5 \end{aligned}$$

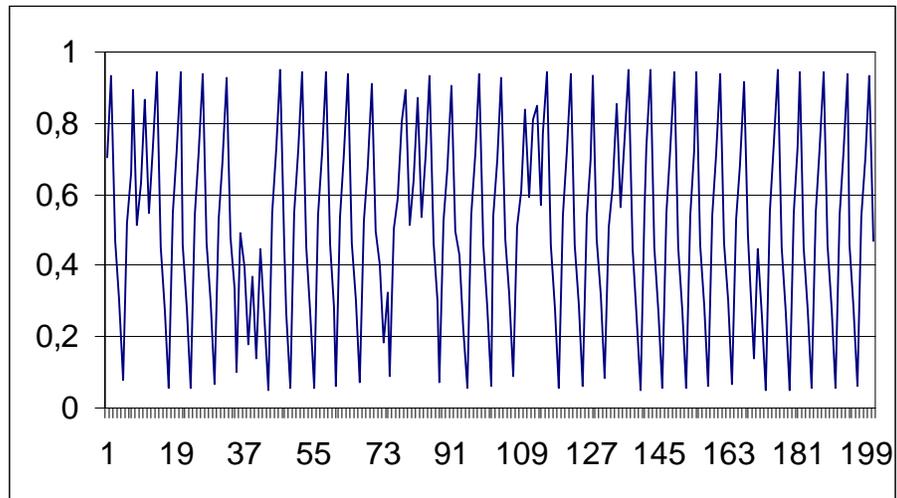
Trois valeurs de a ont été retenues : 1, 0.5 et 0.2. Elles ne sont pas le paramètre sensible du modèle, à l'inverse du temps de réaction λ_i , $i=1,2$. Les 200 premières valeurs tirées des simulations sont données graphique 11.9. Leurs variations sont rapportées graphique 11.10.

Graphique 11.9 : Chronique générée par le modèle « Rotterdam/Bombay »

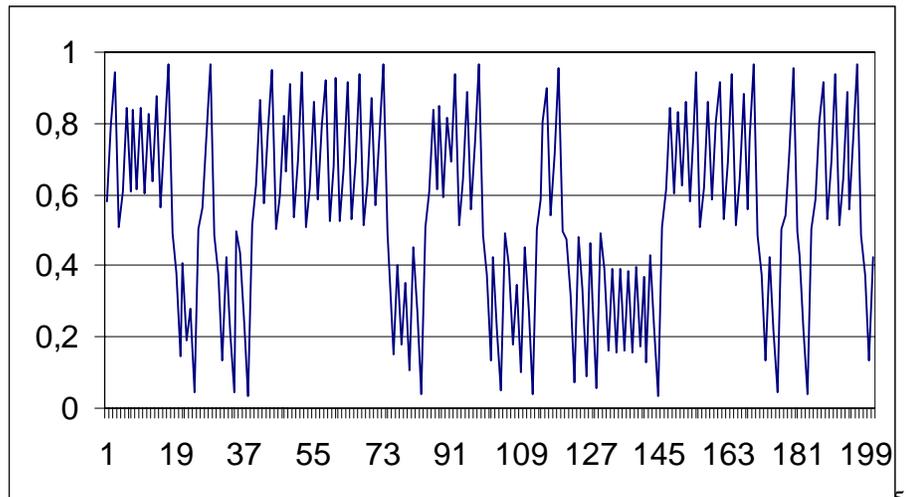
$a=1$



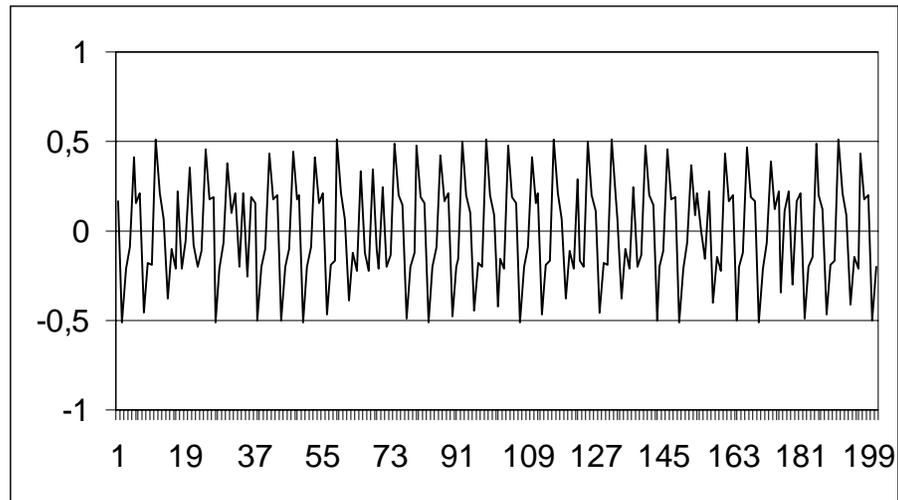
$a = 0.5$



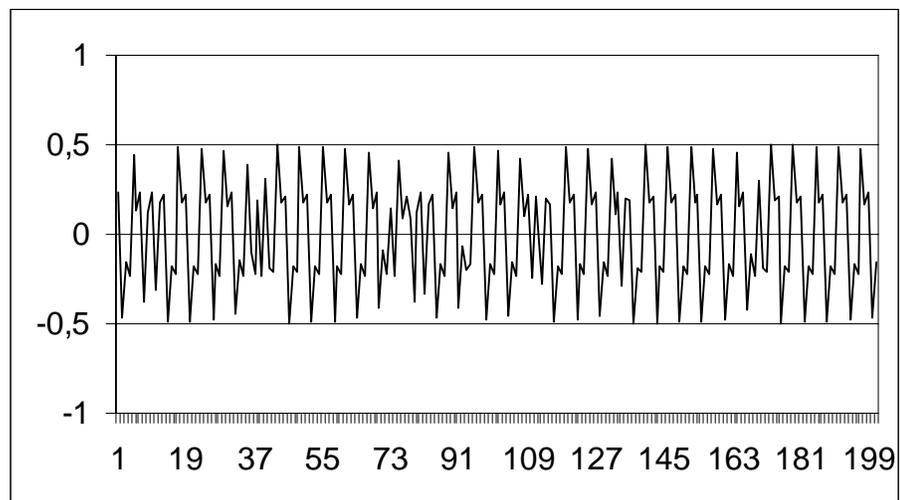
$a=0.2$



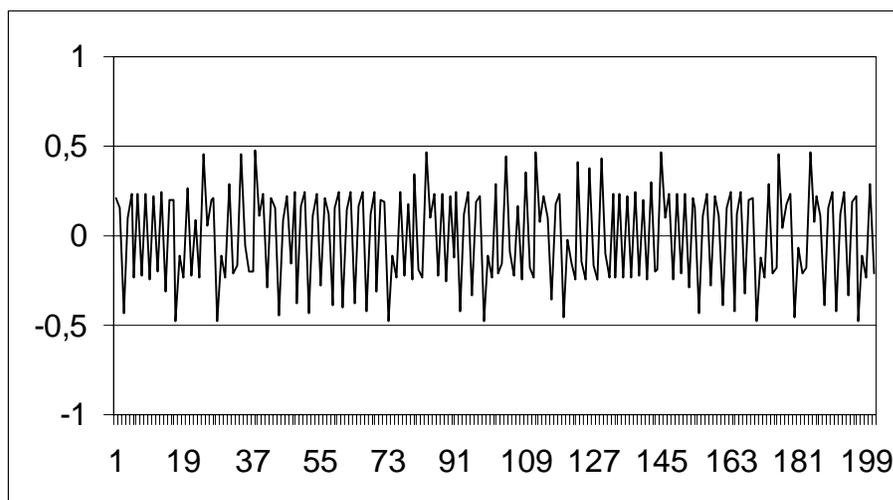
Graphique 11.10 : Variations des prix, 200 premières valeurs
 $a = 1$



$a = 0.5$



$a = 0.2$

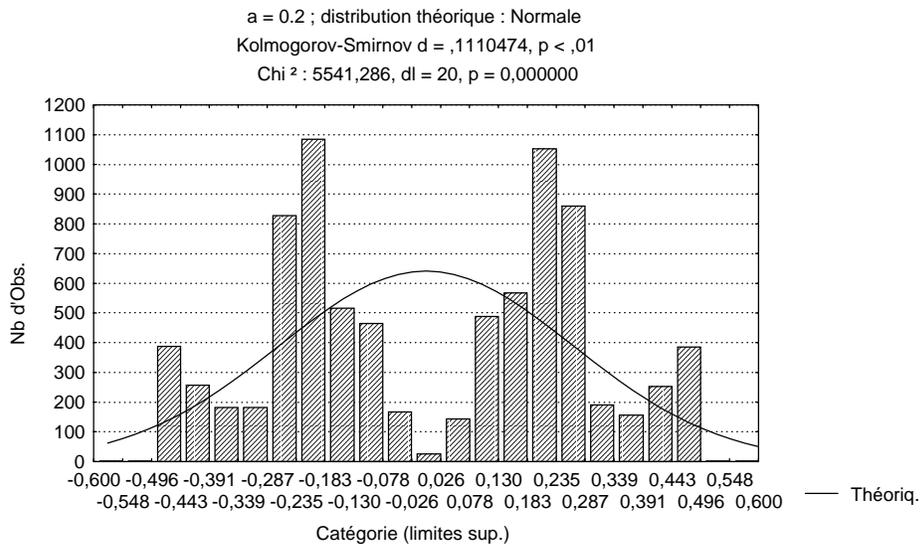
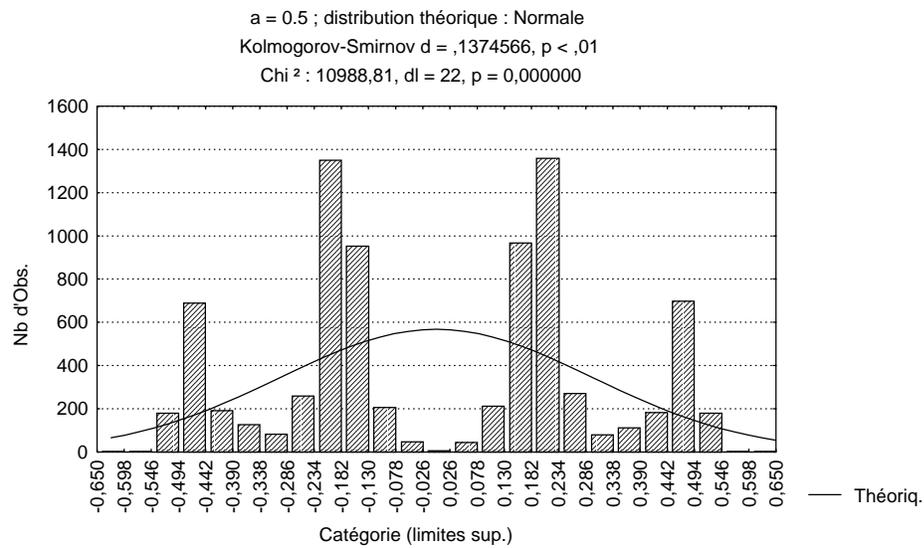
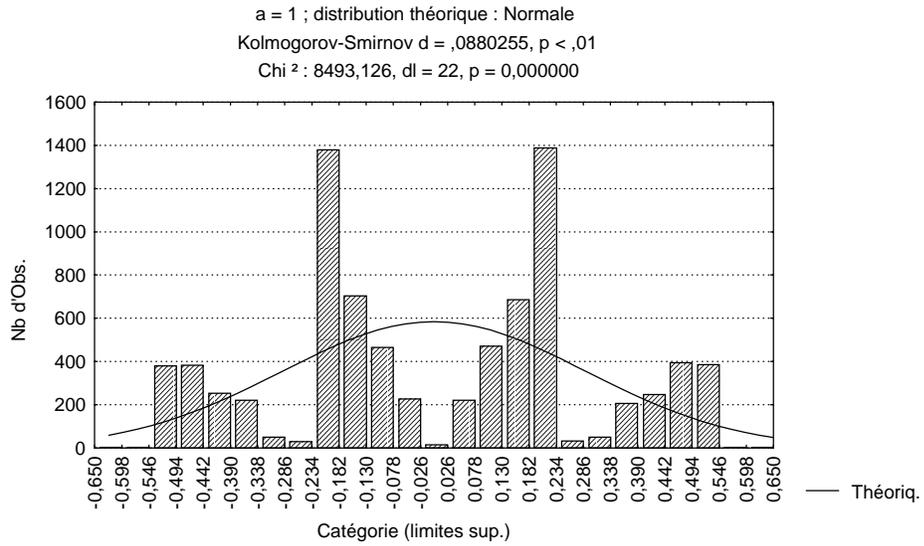


Soulignons la grossièreté du modèle : aucun apprentissage de la part des négociants, anticipations fixes, valeurs fondamentales courantes et anticipées constantes : tout cela ne correspond pas on le sait à la réalité. Si une période représente un mois, il est tout à fait invraisemblable que les négociants « Bombay » et « Rotterdam » anticipent une valeur fondamentale constante durant (notre graphique) 200 mois soit plus de seize années. Néanmoins, la rapidité de réaction du marché à de faibles écarts de prix $p - v$ d'une part, les retournements brutaux de ce marché en deux prix seuils (ces seuils concédons-le devraient également être variables), produisant des entrées-sorties imprévisibles d'autre part, enfin la prise en compte du temps de traversée dans la détermination du paramètre λ_2^3 , sont, aux côtés des éléments caractéristiques du fonctionnement du marché de long terme ou marché « Rotterdam », des hypothèses réalistes satisfaisant les propriétés essentielles de la série réelle (apériodicité, non linéarité⁴). On vérifie que la volatilité varie dans le temps dans la dernière partie du chapitre. Une critique majeure néanmoins : on obtient une « boîte » de fluctuations beaucoup plus petite qu'elle ne l'est en réalité. Les fluctuations sont apériodiques et bornées, trop bornées. Il est douteux en conséquence d'obtenir une distribution des variations de prix marquée par un kurtosis élevé : de même que le problème s'était posé dans le modèle Day-Huang, on obtient une fonction trimodale et non unimodale comme le sont les distributions empiriques des prix du palmier – et des prix des autres matières premières (graphique 11.11). Le modèle en l'état n'est donc pas pleinement satisfaisant.

³ On a dit que la vitesse de réaction s'écrivait sous la forme $\lambda_2 = 1/D = D_2 / D_1 \approx 5$. On trouve les plus « belles » séries de prix chaotiques lorsque $\lambda_2 \approx 5.2$, ce qui n'est pas si mal.

⁴ Le test ARCH sur les variations de prix démontrent au seuil de 1% la corrélation des moments d'ordre 2 quelle que soit la valeur de la pondération a .

Graphique 11.11 : Distribution des variations de prix, modèle Rotterdam/Bombay (10 000 points, 3 valeurs de a)



On montre pour terminer que le point d'équilibre concurrentiel $\tilde{p} / R(\tilde{p})=0$ et $B_2(\tilde{p})=0$, et en conséquence tel que $\tilde{p} = u=v$, n'est pas un point d'équilibre stable. Le critère de stabilité d'un équilibre p quelconque étant donné par la dérivée de la fonction d'ajustement en ce point :

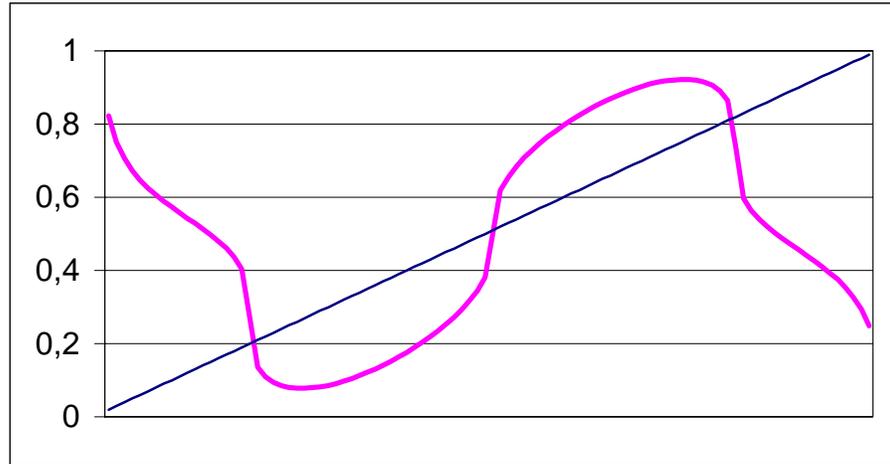
$$|\theta'(p)| = \left| 1 + \lambda_1 [R'(p)] + \lambda_2 [B_2'(p)] \right| \quad [11.26]$$

La stabilité de l'équilibre p est donnée par $|\theta'(p)| < 1$. On a dans le cas de l'équilibre concurrentiel \tilde{p} :

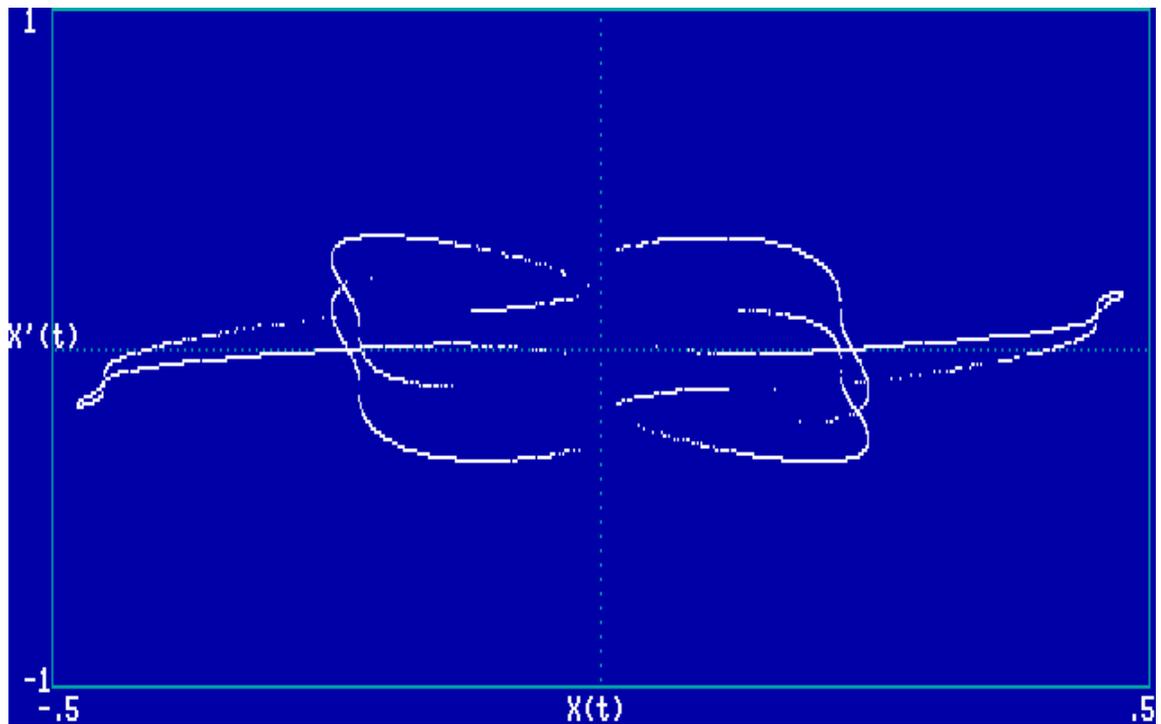
$$|\theta'(\tilde{p})| = \left| 1 + \lambda_1 [R'(\tilde{p})] + \lambda_2 [B_2'(\tilde{p})] \right|$$

Et par hypothèse $R'(\tilde{p}) = 0$ et $B_2'(\tilde{p}) > 0$ donc $\theta'(\tilde{p}) = 1 + \lambda_2 B_2'(\tilde{p}) > 1$. Ainsi le prix d'équilibre concurrentiel \tilde{p} est-il instable quels que soient $\lambda_1, \lambda_2 > 0$. Les trajectoires convergent vers une figure de dimension non entière représentée graphique 11.13. Le diagramme des phases du modèle est représenté graphique 11.12.

Graphique 11.12 : Diagramme des phases, modèle Rotterdam/Bombay



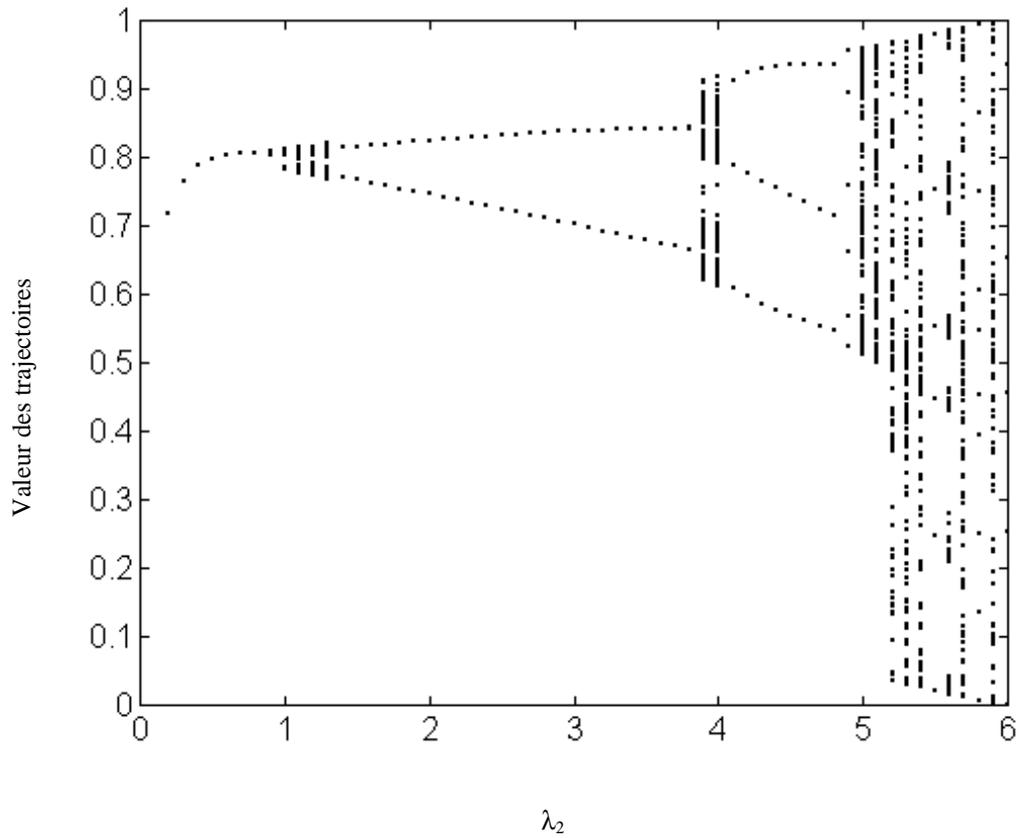
Graphique 11.13 : Attracteur, modèle Rotterdam/Bombay



III Les changements de la volatilité

On a exprimé le temps de réaction comme une fonction de la distance séparant l'offre de la demande sur le marché Bombay relativement à celle séparant l'offre de la demande sur le marché Rotterdam. Les effets de l'évolution de la géographie de l'échange sur les états du système et les régimes qu'il traverse nous sont donnés par des simulations successives du modèle, à partir du niveau $\lambda_2 = 0$ (un seul horizon d'échange, l'Inde ne participe pas au marché qui se limite à celui de Rotterdam) jusqu'à des niveaux supérieurs à 5 (entrée de nouveaux demandeurs « instantanés » asiatiques proches de l'offre, tels que l'Inde, ce qui est le cas depuis environ 20 ans). La simulation, pour chaque valeur de λ_2 , des prix générés par le modèle permet de comprendre, comment, au cours du temps, les changements de la géographie du commerce ont pu modifier les états d'équilibre du marché et faire varier la volatilité. Cette simulation est reproduite sur un diagramme, avec, en abscisse, les valeurs croissantes de λ_2 , et en ordonnée, les cents derniers prix d'une simulation de 10000 prix du modèle Rotterdam/Bombay à partir de valeurs de paramètres égales (hormis λ_2 bien évidemment) à celles retenues précédemment. Les résultats sont présentés graphiques 11.14 et 11.15.

Graphique 11.14 : Diagramme de bifurcation, modèle Rotterdam/Bombay



Des cycles d'ordre différent (on parle indifféremment d'ordre ou de période) se succèdent en fonction des valeurs prises par le paramètre de proximité λ_2 . D'abord stationnaire et convergeant vers un point ($0 < \lambda_2 < 0.89$), le système converge ensuite vers un cycle d'ordre 2 ($0.89 \leq \lambda_2 < 0.92$) qui se dédouble en un cycle d'ordre 4 ($0.92 \leq \lambda_2 < 0.9225$), puis 8 ($\lambda_2 = 0.9225$), 16 ($\lambda_2 = 0.9228$)... Le système est pseudo-périodique pour les valeurs $0.93 \leq \lambda_2 < 1.37$. Après quoi le système converge à nouveau vers un cycle d'ordre 2 ($1.37 \leq \lambda_2 < 3.78$) qui se

dédouble en un cycle d'ordre 4 ($\lambda_2 = 3.79$)... Lorsque λ_2 prend la valeur 4.09, un cycle d'ordre 3 se substitue aux précédents ; mais déjà il se dédouble ($\lambda_2 = 4.86$, cycle d'ordre 6), se dédouble encore ($\lambda_2 = 4.95$, cycle d'ordre 12). Le graphique 11.15 donne un « zoom » de la longueur des cycles successifs qui surviennent après le cycle d'ordre 3. On sait que la période 3 implique le chaos (Li et Yorke, 1975), aussi est-on assuré qu'une dynamique complexe est à l'œuvre pour une certaine plage de paramètres. Les estimations montrent que les plages chaotiques concernent un nombre élevé de valeurs du paramètre λ_2 (zones sombres des graphiques 11.14 et 11.15, caractéristiques de l'existence de cycles de tous ordres), tandis que les fenêtres de stabilité (zones claires des diagrammes de bifurcation : $\lambda_2 \in [0;0.92[\cup [1.37;3.78[\cup [4.09;4.86[\cup]5.47;5.54[)$ concernent presque exclusivement des valeurs faibles du paramètre de proximité. λ_2 détermine l'état du système. Les simulations montrent comment dans l'hypothèse d'un temps de réaction λ_2 changeant dans le temps, le marché peut changer de régime et sauter d'une plage complexe à une plage de stabilité et réciproquement, tout comme il démontre la très forte probabilité d'occurrence d'une dynamique complexe lorsque l'horizon d'échange se divise en deux ($\lambda_2 \neq 0$).

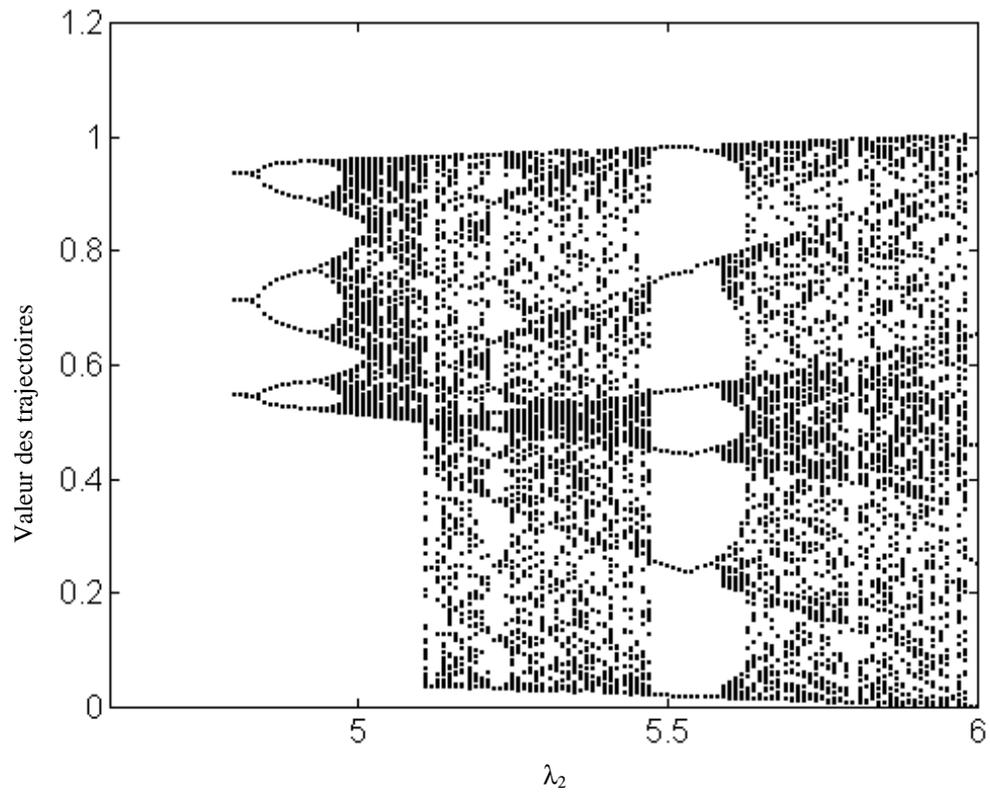
Surtout, on constate empiriquement un changement de la volatilité lorsque change λ_2 , la vitesse de réaction du négociant « Bombay ». Le sens de ce changement est celui d'un accroissement de la volatilité à mesure qu'augmente la vitesse de réaction, augmentation prévisible par la forme évasée vers la droite des diagrammes de bifurcation 11.4 et 11.5 ; à mesure que λ_2 s'élève, la plage des valeurs prises par les trajectoires s'étend entre 0 et 1. La volatilité change avec la vitesse d'ajustement (tableau 11.1). Les tests de Fischer montrent que ces changements sont significatifs.

Tableau 11.1 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Rotterdam/Bombay
($\lambda_1=1$)

$\lambda_2=$	0	1	2	3	4	5	6
σ^2	1.3E-07	0.0004	0.00609	0.0186	0.0356	0.0697	0.1675

Graphique 11.15 : Diagramme de bifurcation, modèle Rotterdam/Bombay

Zoom : $4.8 < \lambda_2 < 6.0$



Les variations de la taille de marché μ produisent des effets strictement comparables à ceux que produisent les variations de la vitesse d'ajustement : l'augmentation de la taille de marché se traduit par des bifurcations successives et un évasement des valeurs prises par les trajectoires ; et au total, une augmentation de la volatilité (tableau 11.2).

Tableau 11.2 : Taille de marché et volatilité, modèle Rotterdam/Bombay
($\lambda_1=\lambda_2=1$)

$\mu =$	0	1	2	3	4	5	6
σ^2	0	0.0004	0.00386	0.0192	0.0451	0.0965	0.2584

On a en conséquence vérifié que la vitesse de réaction et la taille du marché sont dans le modèle Rotterdam/Bombay les déterminants des changements de la volatilité.

Conclusion

Un modèle à deux horizons d'investissement ou modèle Day-Huang a servi de première référence à la modélisation du marché de l'huile de palme. Les modifications apportées au modèle original concernent essentiellement le comportement du négociant de court terme ou négociant « Bombay » dont les réactions aux écarts de prix entre la valeur courante fondamentale estimée et le prix courant, réactions linéaires chez Day, ont été modifiées, non linéarisées, afin de tenir compte des changements brutaux de stratégies d'achat et de vente au-delà de valeurs extrêmes ou seuils que l'on observe sur les marchés domestiques asiatiques et notamment indiens. Les simulations montrent que pour de très larges valeurs de paramètres, une dynamique complexe au sens de Day est à l'œuvre : sans période ni cycle régulier, les prix suivent un mouvement d'apparence aléatoire pourtant parfaitement déterminés par les deux paramètres que sont la taille du marché et la vitesse d'ajustement dont on a supposé qu'elle dépendait du temps d'acheminement

de l'huile depuis l'offreur jusqu'au demandeur finals. Un problème que n'a su lever Day provient de la distribution des variations de prix simulées : elle ne ressemble que de très loin aux distributions des données réelles. Dissemblance fondamentale puisque c'est le fort kurtosis et les points (i.e. les prix) nichés dans l'épaisseur des queues de distributions qui posent les problèmes de couverture (sortant de la loi normale, on ne sait s'en prémunir) et d'anticipation (par leur faute la variance est élevée et change dans le temps). En l'état, notre modèle est trop grossier. Mais l'adjonction d'un second produit va renforcer la robustesse du modèle en améliorant très sensiblement la distribution des prix simulés : c'est ce que montre le prochain chapitre.

CHAPITRE 12

UN MODELE A DEUX HORIZONS ET DEUX PRODUITS

On écrit un modèle à deux produits substituables (huile de palme et une huile concurrente) et deux horizons d'échange par marché. Le modèle est baptisé modèle Palme/Soja. Des simulations de trois ordres sont présentées : on suppose dans un premier temps que les vitesses de réaction des négociants de court terme sur les marchés « Palme » et « Soja » sont identiques et changent de concert dans le temps. On mesure les éventuels changements de la volatilité. Ensuite, les horizons de court et long termes étant fixés sur le marché « Soja », on étudie l'effet d'une augmentation de la vitesse de réaction du négociant « Bombay » sur la volatilité des prix de l'huile de palme. Enfin les valeurs empiriques des paramètres (λ, μ) fournies en conclusion de l'étude historique du marché (deuxième partie de ce travail) sont intégrées dans un modèle de changements de régime que l'on simule sur 2159 observations, soit la longueur de l'échantillon Dpalme de 1818 à 1997. Ce dernier modèle permet de reproduire convenablement la dynamique des cours de l'huile de palme, tant à l'aune des grandes propriétés (non linéarités, apériodicité, volatilité changeant dans le temps) que de la distribution des variations de prix.

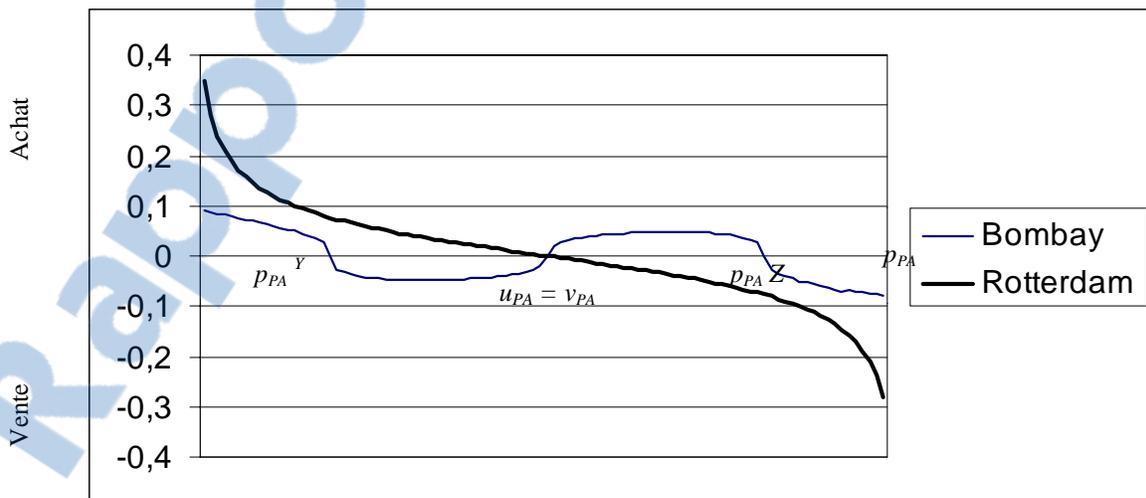
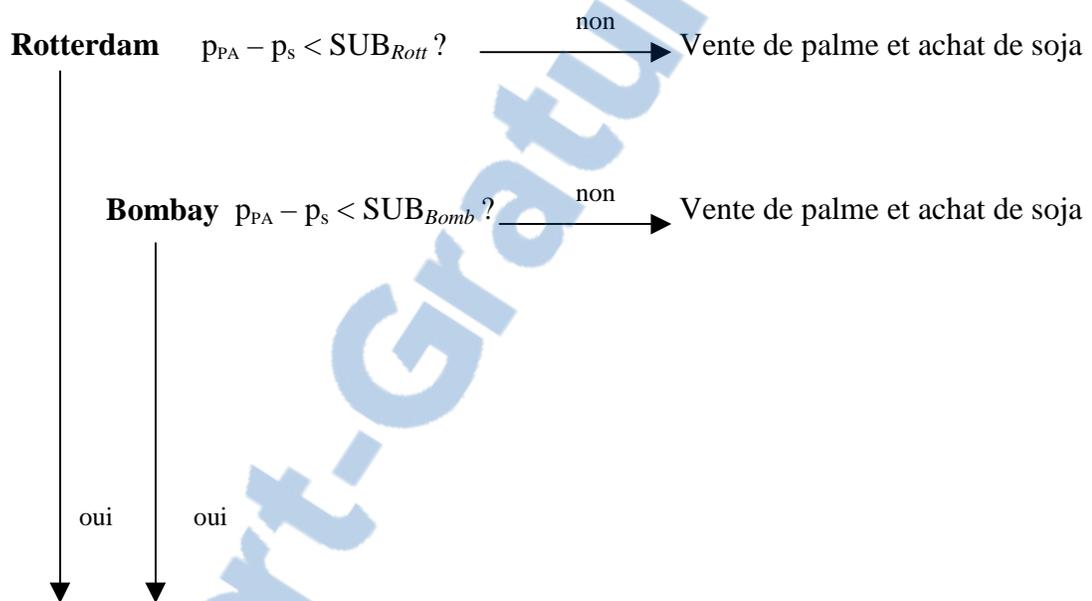
I Un modèle à deux produits ou modèle Palme/Soja

On raisonne sur deux produits et non plus un seul. Les négociants « Rotterdam » et « Bombay » demeurent. Mais d'autres négociants apparaissent, dont on imagine qu'ils travaillent sur une huile concurrente de l'huile de palme : on retient l'exemple de l'huile de soja. Ces nouveaux négociants sont les négociants d'huile de soja à Rotterdam (négociant longue distance si l'on considère que l'huile de soja provient d'Amérique du nord et du sud) et au CBOT de Chicago (négociant courte distance). Baptisons-les respectivement « Rotterdam-Soja » et « Chicago ». Pour lever toute ambiguïté, on débaptise le négociant « Rotterdam » d'huile de palme pour le nommer « Rotterdam-Palme ». On a donc quatre négociants, intervenant sur deux marchés, le marché de l'huile de palme ou marché Rotterdam/Bombay et le marché de l'huile de soja ou marché Rotterdam/Chicago. Les produits sont substituables. Pour rendre compte de la substitution possible entre huiles, on suppose qu'elle a lieu au niveau du négoce et non au niveau de l'utilisateur : l'industriel est absent du modèle. On suppose que les négociants peuvent délaissé leur produit de spécialité contre le produit concurrent. On raisonne en équilibre partiel : les transactions, achat ou vente, sont enregistrées par produit sur chacun des deux marchés : la vente du palme contre l'achat de soja par le négociant Rotterdam-Palme par exemple sera enregistrée séparément, en vente sur le marché du palme et achat sur le marché du soja, l'opération « achat de soja » ne pouvant apparaître sur le marché du palme.

Le coût unitaire de substitution de l'huile de soja à l'huile de palme est supposé constant par lieu de transaction : il vaut SUB_{Rot} à Rotterdam, SUB_{Chic} à Chicago et SUB_{Bomb} à Bombay. Les décisions d'achat et de vente des différents négociants dépendent de l'écart de prix entre palme et soja. En notant p_s le prix mondial de l'huile de soja et p_{PA} le prix mondial de l'huile de palme, la comparaison de la différence $p_{PA} - p_s$ avec le coût de substitution à l'endroit de livraison (Rotterdam, Bombay ou Chicago) décide de la transaction (graphique 12.1 dans le cas du marché de l'huile de palme – le marché de l'huile de soja est parfaitement symétrique). Le marché de l'huile de soja est une duplication du

marché du palme : on conserve intactes les hypothèses de comportement des négociants : les négociants de court terme ou « Chicago » considèrent qu'à l'intérieur de seuils déterminés, l'écart entre prix réel et prix anticipé ($p_s - v_s$) indique le sens de variation futur des prix tandis que les négociants de long terme ou « Rotterdam-Soja » voient dans ce même écart rapporté à leur horizon un signal de vente ($p_s - u_s > 0$) ou d'achat ($p_s - u_s < 0$).

Graphique 12.1 : Fonctionnement du marché de l'huile de palme



1) *Le marché de l'huile de palme ou marché Rotterdam/Bombay*

Les hypothèses du comportement des négociants de court et long termes sur le marché du palme et leur formulation sont identiques à celles du chapitre 11. On suppose ainsi que tant que la différence $p_{PA} - p_s$ est inférieure au coût de substitution en Europe noté SUB_{Rott} , le négociant de long terme achète lorsque le prix de l'huile de palme est au-dessous du prix anticipé et que symétriquement, il vend lorsque le prix est au-dessus du prix anticipé :

$$R(p_{PA}) := \begin{cases} A_{PA}^+, & p_{PA} < p_{PA}^B \text{ et } (p_{PA} - p_s) < SUB_{Rott} \\ a_{PA}(u_{PA} - p_{PA})k_{PA}(p_{PA} - p_{PA}^B + \varepsilon)^{-c}(p_{PA}^T + \varepsilon - p_{PA})^{-c}, & p_{PA}^B \leq p_{PA} \leq p_{PA}^T \text{ et } (p_{PA} - p_s) < SUB_{Rott} \\ A_{PA}^-, & p_{PA} > p_{PA}^T \text{ et } (p_{PA} - p_s) < SUB_{Rott} \end{cases} \quad [12.1]$$

avec $A_{PA}^+ = a_{PA}(u_{PA} - p_{PA}^B)k_{PA}$, $A_{PA}^- = a_{PA}(u_{PA} - p_{PA}^T)k_{PA}$, $k_{PA} = \varepsilon^c(p_{PA}^T - p_{PA}^B + \varepsilon)^c$ et $0 < c < 1$.

La nouveauté est que lorsque l'huile de palme n'est pas compétitive sur le marché, i.e. lorsque $p_{PA} - p_s$ est supérieure à SUB_{Rott} , on émet l'hypothèse que le négociant de long terme « Rotterdam-Palme » *ne trouve pas d'acheteur au prix p_{PA}* et qu'il solde sa marchandise au prix de l'huile de soja p_s contre une position d'achat (substitution ou *switch*) sur le marché du soja. Seule la vente apparaît sur le marché de l'huile de palme. L'achat de soja au prix p_s figure dans le *clearing* du marché (cf infra) :

$$R(p_{PA}) := \begin{cases} A_{PA}^+, \\ a_{PA} (u_{PA} - p_S) k_{PA} (p_S - p_{PA}^B + \varepsilon)^{-c} (p_{PA}^T + \varepsilon - p_S)^{-c}, \\ A_{PA}^-, \end{cases} \text{ et } \begin{cases} p_S < p_{PA}^B \text{ et } (p_{PA} - p_S) \geq SUB_{Rott} \\ p_{PA}^B \leq p_S \leq p_{PA}^T \text{ et } (p_{PA} - p_S) \geq SUB_{Rott} \\ p_S > p_{PA}^T \text{ et } (p_{PA} - p_S) \geq SUB_{Rott} \end{cases} \quad [12.2]$$

De la même manière, le négociant de courte distance ou négociant « Bombay » intervient sur le marché du palme tant que $p_{PA} - p_S$ est inférieur à SUB_{Bomb} ; il se tourne vers le marché de l'huile de soja autrement en substituant de l'huile de soja (achat) à l'huile de palme (vente) :

$$B(p_{PA}) = \begin{cases} (p_{PA} - v_{PA})^{1/3} k'_{PA} (p_{PA} - p_{PA}^Y + \varepsilon)^{1/3} (p_{PA}^Z + \varepsilon - p_{PA})^{1/3} \\ - \left| (p_S - v_{PA})^{1/3} k'_{PA} (p_S - p_{PA}^Y + \varepsilon)^{1/3} (p_{PA}^Z + \varepsilon - p_S) \right| \end{cases} \begin{cases} (p_{PA} - p_S) < SUB_{Bomb} \\ \text{sin on} \end{cases} \quad [12.3]$$

avec une définition des paramètres semblable à celle donnée en [11.25]. Avant d'aborder le *clearing*, venons-en au fonctionnement du marché de l'huile de soja.

2) Le marché de l'huile de soja ou marché Rotterdam/Chicago

On construit des fonctions d'achat/vente des négociants « Rotterdam-Soja » et « Chicago » comparables, au paramètre près, à celles de leurs homologues de court et long terme du marché de l'huile de palme exposées à l'instant. Ce qui nous donne le modèle d'équilibre partiel Rotterdam/Chicago suivant si l'on note RS et C les fonctions d'achat/vente respectives des négociants « Rotterdam-Soja » et « Chicago ».

$$RS(p_s) := \begin{cases} A_s^+, & p_s < p_s^B \text{ et } (p_s - p_{PA}) < SUB_{Rott} \\ a_s(u_s - p_s)k_s(p_s - p_s^B + \varepsilon)^{-c}(p_s^T + \varepsilon - p_s)^{-c}, & p_s^B \leq p_s \leq p_s^T \text{ et } (p_s - p_{PA}) < SUB_{Rott} \\ A_s^-, & p_s > p_s^T \text{ et } (p_s - p_{PA}) < SUB_{Rott} \end{cases} \quad [12.4]$$

avec $A_s^+ = a_s(u_s - p_s^B)k_s$, $A_s^- = a_s(u_s - p_s^T)k_s$, $k_s = \varepsilon^c(p_s^T - p_s^B + \varepsilon)^c$ et $0 < c < 1$.

S'il advient que $p_s - p_{pa}$ soit supérieur à SUB_{Rott} , on émet à nouveau l'hypothèse que le négociant « Rotterdam-Soja » liquide sa position sur le marché du soja (vente) de soja au prix p_{PA} imposé par l'huile de palme contre une position d'achat (*switch*) sur le marché du palme :

$$RS(p_s) := - \left\{ \begin{array}{l} A_s^+, \\ a_s(u_s - p_{PA})k_s(p_{PA} - p_s^B + \varepsilon)^{-c}(p_s^T + \varepsilon - p_{PA})^{-c}, \\ A_s^-, \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} p_{PA} < p_s^B \text{ et } (p_s - p_{PA}) \geq SUB_{Rott} \\ p_s^B \leq p_{PA} \leq p_s^T \text{ et } (p_s - p_{PA}) \geq SUB_{Rott} \\ p_{PA} > p_s^T \text{ et } (p_s - p_{PA}) \geq SUB_{Rott} \end{array} \right. \quad [12.5]$$

Enfin, le négociant de courte distance ou négociant « Chicago » intervient sur le marché de l'huile de soja lorsque $p_s - p_{PA}$ est inférieur à SUB_{Chic} ; il se tourne vers l'huile de palme sinon :

$$C(p_s) = \begin{cases} (p_s - v_s)^{1/3} k'_s (p_s - p_s^Y + \varepsilon)^{1/3} (p_s^Z + \varepsilon - p_s)^{1/3} & (p_s - p_{PA}) < SUB_{Chic} \\ - \left| (p_{PA} - v_s)^{1/3} k'_s (p_{PA} - p_s^Y + \varepsilon)^{1/3} (p_s^Z + \varepsilon - p_{PA})^{1/3} \right| & \text{sin on} \end{cases} \quad [12.6]$$

3) Clearing

La fonction de demande excédentaire d'huile de palme $e(p_{PA})$ est une fonction de demande agrégée, composée de la somme des ordres d'achat et de vente des négociants « Rotterdam-Palme », « Bombay », auxquels s'ajoutent les achats d'huile de palme par les négociants « Rotterdam-Soja » et « Chicago » lorsque la différence des prix dépasse les coûts de substitutions locaux :

$$e(p_{PA}) := R(p_{PA}) + B(p_{PA}) + I1 RS(p_s) + I2 C(p_s) \quad [12.7]$$

Et I1 et I2 fonctions indicatrices / I1 = 1 lorsque $(p_s - p_{PA}) \geq SUB_{Rot}$ (soit lorsque le négociant « Rotterdam-Soja » se tourne vers l'huile de palme) et 0 sinon et I2 = 1 lorsque $(p_s - p_{PA}) \geq SUB_{Chic}$ (le négociant « Chicago » se tourne vers l'huile de palme) et 0 sinon. Au total, l'équation d'ajustement des prix de l'huile de palme prend la forme :

$$\theta(p_{PA}) = \max\{0, p_{PA} + \lambda_1 [R(p_{PA})] + \lambda_2 [B(p_{PA})] + I1 RS(p_s) + I2 C(p_s)\} \quad [12.8]$$

En notant λ_3 et λ_4 les temps de réaction des négociants « Rotterdam-Soja » et « Chicago », I3 et I4 les fonctions indicatrices : I3 = 1 lorsque $(p_{PA} - p_s) \geq SUB_{Rot}$ et 0 sinon ; I4 = 1 lorsque $(p_{PA} - p_s) \geq SUB_{Bomb}$ et 0 sinon, l'équation d'ajustement des prix de l'huile de soja prend la forme :

$$\theta(p_s) = \max\{0, p_s + \lambda_3 [RS(p_s)] + \lambda_4 [C(p_s)] + I3 R(p_{PA}) + I4 B(p_{PA})\} \quad [12.9]$$

II) Simulations du modèle Palme/Soja

Les équations 12.1 à 12.9 sont estimées avec plusieurs valeurs de paramètres. Sans surprise, la taille du marché μ et la distance entre l'offre et la demande (*via* les temps de réaction λ_i , $i = 1 \dots 4$) sont les paramètres sensibles du modèle. En particulier, la valeur de λ_i détermine les régimes (stationnaire, périodique, semi-périodique, chaotique) de convergence des prix simulés sur 10000 périodes et leur volatilité. Même dans le cas où les fonctions d'achat/vente ont exactement la même allure, la même pente, sur les (sous-)marchés du palme et du soja, on obtient des chroniques complexes pour de larges plages de paramètres λ_i .

1) Variations simultanées des vitesses d'ajustement sur les marchés de l'huile de palme et de l'huile de soja

On décide de faire varier d'abord conjointement, puis séparément, les vitesses d'ajustement des négociants de court terme λ_2 et λ_4 sur les deux marchés palme et soja décrits par les valeurs suivantes :

$$\begin{array}{ll} u_{PA} = v_{PA} = .5 & u_S = v_S = .5 \\ p_{PA}^B = 0.1 & p_S^B = 0.1 \\ p_{PA}^Y = 0.2 & p_S^Y = 0.2 \\ \lambda_1 = 1 & \lambda_3 = 1 \\ p_{PA}^Z = 0.8 & p_S^Z = 0.8 \\ p_{PA}^T = 0.9 & p_S^T = 0.9 \\ \varepsilon = .01 & \\ c = .5 & \\ \mu = 1 & \mu' = 1 \\ \lambda_1 = 1 & \lambda_3 = 1 \\ A_{PA}^+ = 0.31 & A_S^+ = 0.31 \\ A_{PA}^- = -0.31 & A_S^- = -0.31 \\ a_{PA} = 1 & a_S = 1 \\ SUB_{Bomb} = 0.5 & \\ SUB_{Chic} = 0.5 & \\ SUB_{Rott} = 0.2 & \end{array}$$

L'horizon de long terme est bloqué et sert de référence : le temps de réaction des négociants à Rotterdam est égalisé à 1 tant sur le marché du palme que sur celui du soja. On fixe par ailleurs $\mu = \mu' = 1$.

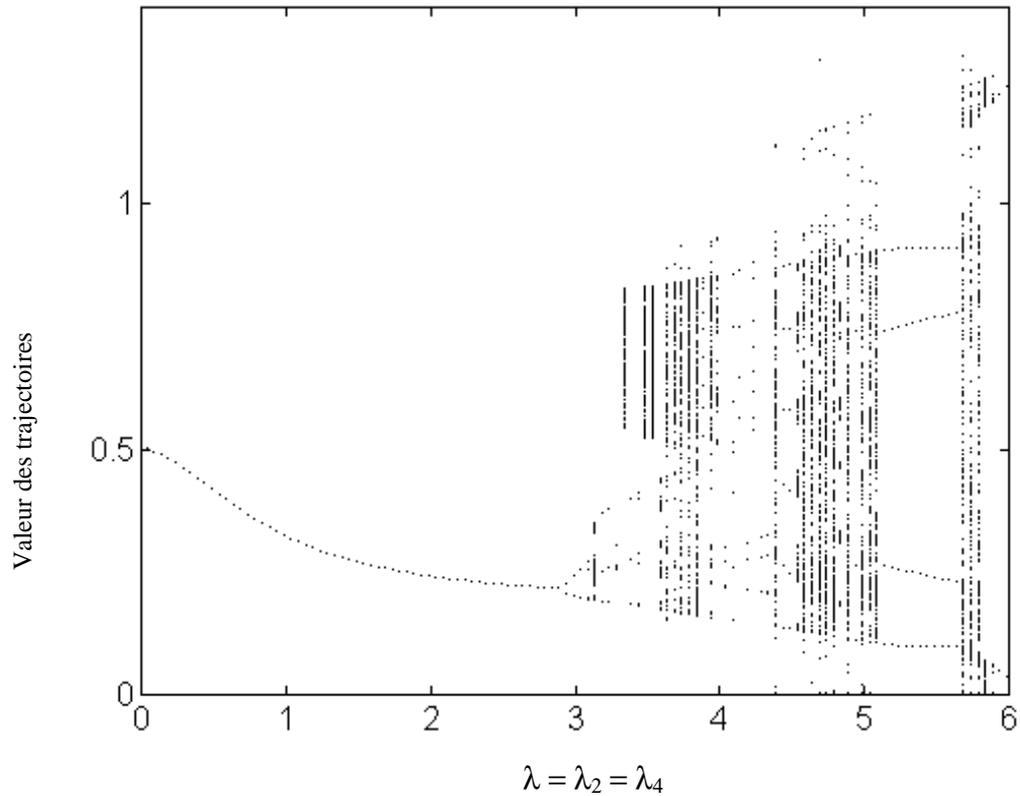
On essaye de mesurer l'effet sur la volatilité de l'émergence simultanée d'une demande de court terme sur chacun des deux marchés : aux marchés de long terme s'ajoute progressivement un marché de court terme de chaque produit. On reproduit en somme les conclusions de notre analyse du marché de l'huile de palme au marché de l'huile de soja, conclusion qui affirme que la mondialisation des échanges et l'augmentation des volumes échangés depuis le début du XIX^e siècle se sont traduites par l'apparition de commerce à l'intérieur de la périphérie, commerce venu s'ajouter aux échanges originaux entre le centre et la périphérie. L'hypothèse est discutable mais elle a le mérite de donner des indications sur la volatilité future des marchés en cas de développement uniforme des échanges de proximité. On pourrait appeler ce scénario du nom à la mode de « Régionalisation ». On fait varier $\lambda_2=\lambda_4$ de 0 à 6 pour obtenir le diagramme de bifurcation donné graphique 12.2.

La convergence vers un équilibre stationnaire est assurée pour des valeurs inférieures à 2.9 ; au-delà de ce seuil, le modèle par dédoublements successifs de ses trajectoires entre dans une zone d'équilibres multiples instables, zone complexe au sens dynamique, percée d'une fenêtre de stabilité autour de la valeur 5.5. La mesure de la volatilité sur des valeurs différentes de $\lambda=\lambda_2=\lambda_4$ montre que la volatilité croît avec le raccourcissement de l'horizon d'échange (tableau 12.1 où la volatilité est mesuré par l'écart type des 10000 observations simulées).

Tableau 12.1 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Palme/Soja

$\lambda=\lambda_2=\lambda_4$	0	1	2	3	4	5	6
σ	8E-05	25E-05	30E-05	0.04337	0.19774	0.29972	0.44986

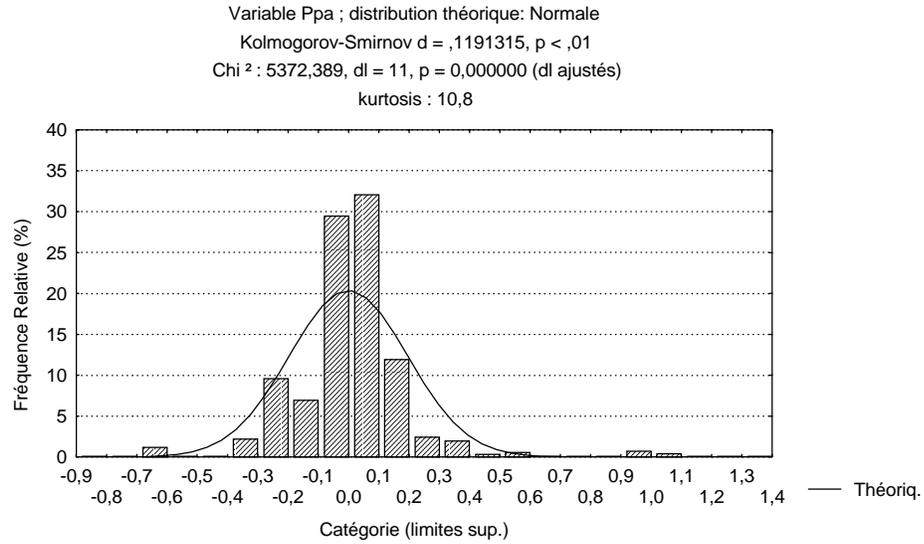
Graphique 12.2 : Diagramme de bifurcation, modèle Palme/Soja



Les variations des prix simulés de l'huile de palme sont données graphique 12.4, leur distribution graphique 12.3 (pour une valeur de $\lambda = \lambda_2 = \lambda_4$ quelconque dans la zone chaotique du modèle) : on reconnaît les agrégations ou « noeuds » de volatilité et la distribution leptokurtique caractéristique de Dpalme.

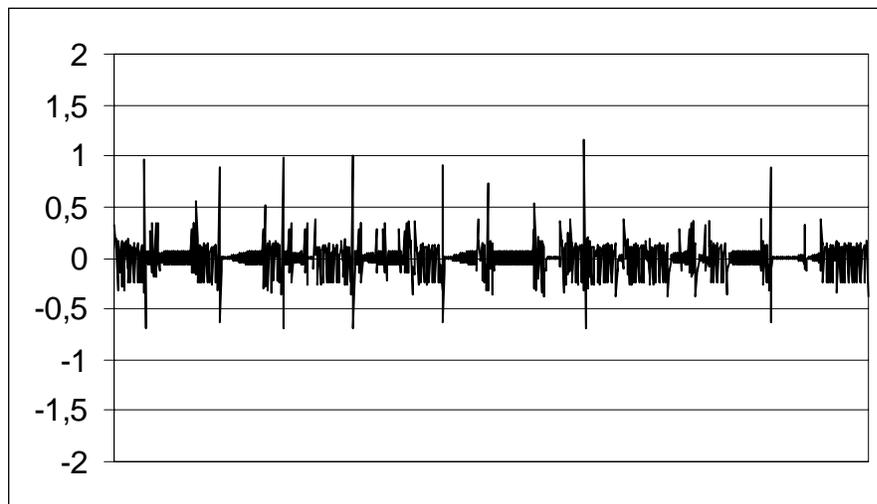
Graphique 12.3 : Distribution des variations de prix du palme simulés

$\lambda = \lambda_2 = \lambda_4 = 4.2$ (10 000 obs.)



Graphique 12.4 : Variations des prix du palme simulés, modèle Palme/Soja

$\lambda = \lambda_2 = \lambda_4 = 4.2$ (1000 obs.)



2) *Accroissement du temps de réaction du négociant « Bombay », les autres horizons d'échange étant fixés*

On simule deux évolutions du marché de l'huile de palme en supposant, dans un premier temps, que le marché de l'huile de soja n'est qu'un marché de longue distance : l'huile est une huile d'exportation et n'a pas d'utilisation significative sur son marché domestique d'origine. Dans un second temps, on envisage le cas d'un marché local du soja qui est tout au contraire prépondérant : on suppose pour simplifier que ce marché local est un marché domestique ; seul l'excès de la production est exporté sur les marchés internationaux. On souhaite connaître l'évolution de la volatilité sur le marché de l'huile de palme lorsque la vitesse de réaction λ_2 , appelée encore « paramètre de proximité », augmente. On constate une nouvelle que se succèdent des bifurcations dans les trajectoires des prix en fonction des valeurs prises par λ_2 . Des régimes de prix distincts scandent l'évolution du marché de l'huile de palme au fur et à mesure qu'un marché à horizon court émerge. Aux changements de ces régimes correspondent des changements de la volatilité (tableaux 12.2 et 12.3). Les plages chaotiques sont beaucoup plus étroites lorsque le marché du soja est un « pur » marché d'exportation que lorsqu'existe un fort marché domestique (graphiques 12.5 et 12.6). Une nouvelle fois, le passage d'un échange longue distance à une superposition d'échange de courte et de longue distances est le facteur déterminant des changements de la volatilité – changements à la hausse d'après nos simulations.

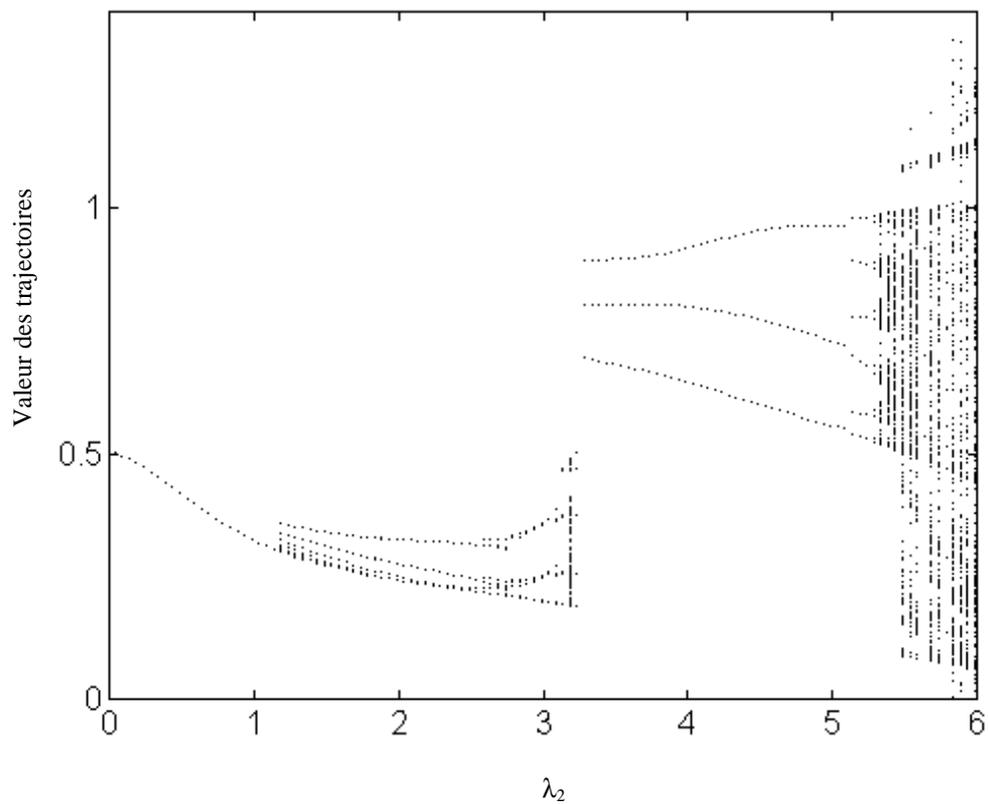
Tableau 12.2 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Palme/Soja, $\lambda_4 = 0$

λ_2	0	1	2	3	4	5	6
σ	8E-16	8E-16	0.04977	0.10050	0.19278	0.28831	0.37401

Tableau 12.3 : Vitesse d'ajustement et volatilité, modèle Palme/Soja, $\lambda_4 = 6$

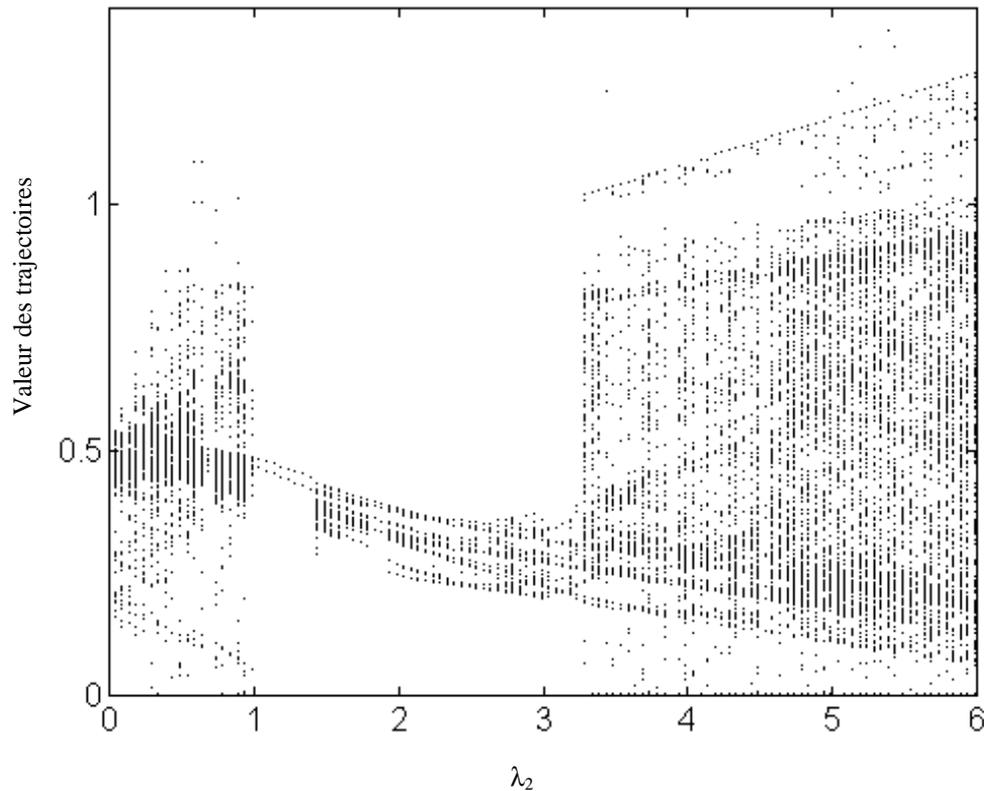
λ_2	0	1	2	3	4	5	6
σ	0.11402	0.17942	0.06759	0.07672	0.26251	0.34805	0.44986

Graphique 12.5 : Diagramme de bifurcation, modèle Palme/Soja
 $\lambda_4 = 0$



Graphique 12.6 : Diagramme de bifurcation, modèle Palme/Soja

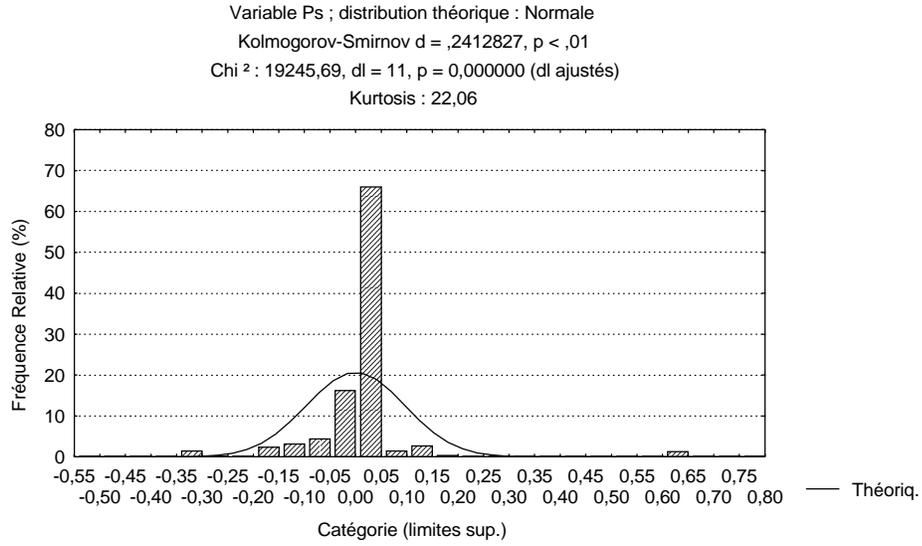
$$\lambda_4 = 6$$



Enfin, les distributions empiriques des variations de prix simulés se rapprochent en général des distributions des séries réelles ; tout dépend en réalité de la valeur donnée à λ_4 . Distribution unimodale dans la cas des prix de l'huile de soja (graphique 12.7) ; distribution plus capricieuse des variations de prix de l'huile de palme dans le cas où $\lambda_4 = 0$ (le graphique 12.8 en donne un exemple). En revanche, dans le cas où les échanges d'huile de soja ne sont pas uniquement des échanges longue distance et où existe un négoce de courte distance dont la vitesse de réaction est élevée ($\lambda_4 = 6$), les distributions des variations de prix simulés (tant de l'huile de soja que de l'huile de palme) se rapprochent très étroitement des distributions réelles. C'est ce que montrent les graphiques 12.9 à 12.11 dans le cas de l'huile de palme. En plus des changements de la volatilité, le modèle Palme/Soja contrefait de manière satisfaisante la distribution leptokurtique de Dpalme et ses déformations lorsque la géographie des échanges se modifie.

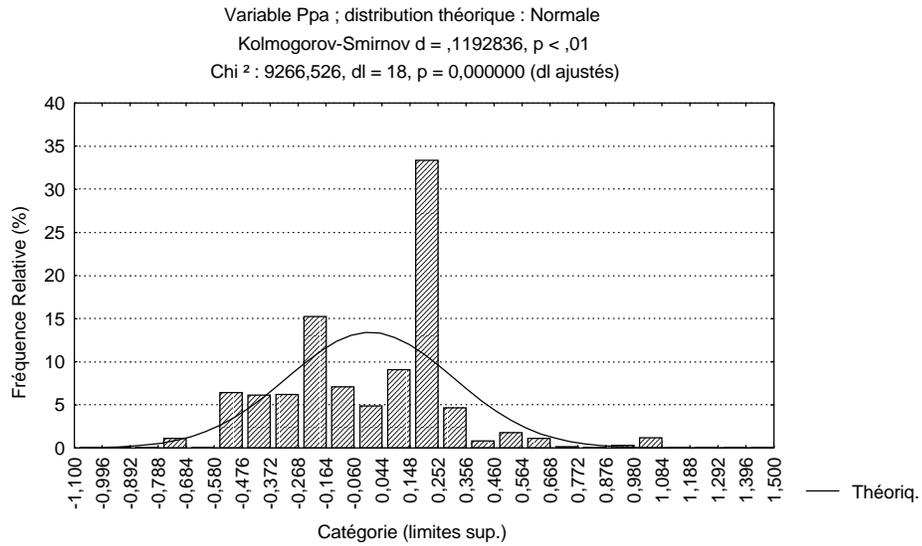
Graphique 12.7 : Distribution des variations de prix Ps simulés

$\lambda_2 = 5.5, \lambda_4 = 0, 10\ 000\ \text{obs.}$



Graphique 12.8 : Distribution des variations de prix Ppa simulés

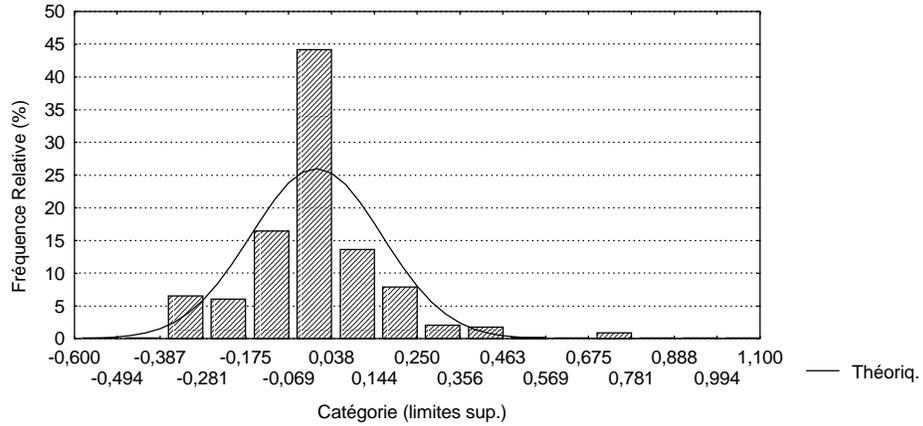
$\lambda_2 = 5.5, \lambda_4 = 0, 10\ 000\ \text{obs.}$



Graphique 12.9 : Distribution des variations de prix Ppa simulés

$\lambda_2 = 0, \lambda_4 = 6, 10\ 000$ obs.

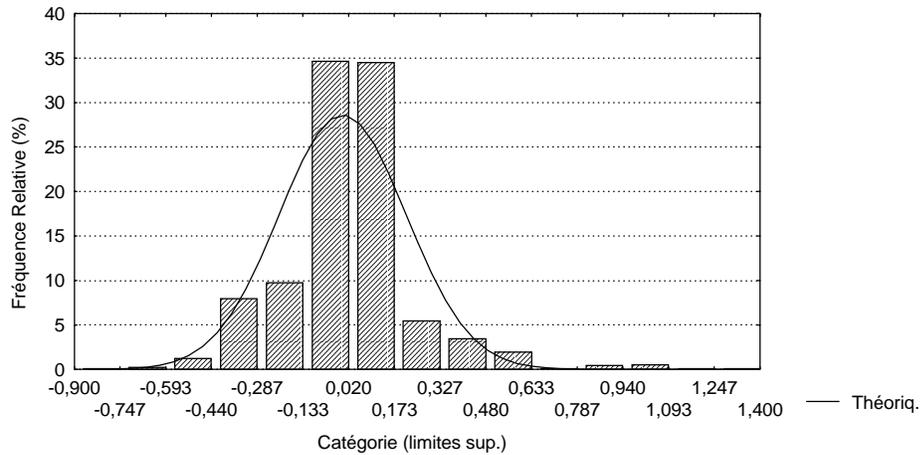
Variable Ppa ; distribution théorique : Normale
 Kolmogorov-Smirnov d = ,1425125, p < ,01
 Chi ² : 3051,348, dl = 8, p = 0,000000 (dl ajustés)
 Kurtosis :



Graphique 12.10 : Distribution des variations de prix Ppa simulés

$\lambda_2 = 4, \lambda_4 = 6, 10\ 000$ obs.

Variable TRY46 ; distribution: Normale
 Kolmogorov-Smirnov d = ,0906318, p < ,01
 Chi ² : 1658,747, dl = 7, p = 0,000000 (dl ajustés)



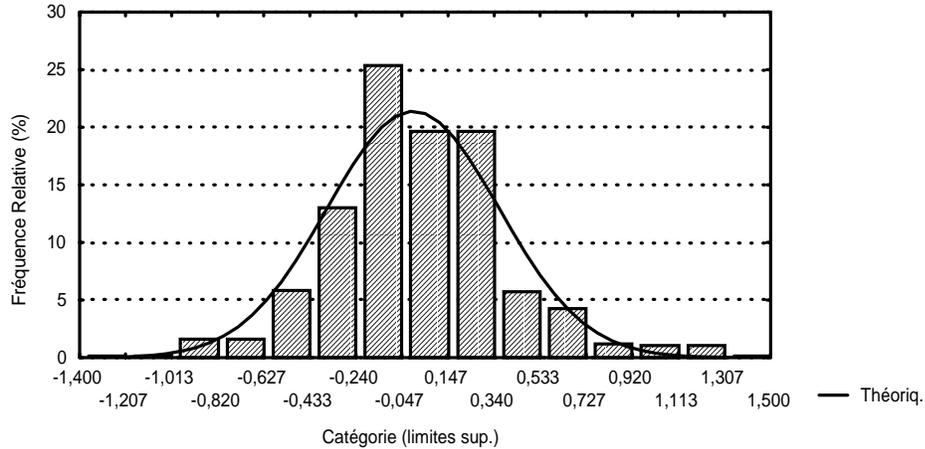
Graphique 12.11 : Distribution des variations de prix Ppa simulés

$$\lambda_2 = 5, \lambda_4 = 6, 10\ 000\ \text{obs.}$$

Variable Ppa ; distribution théorique : Normale

Kolmogorov-Smirnov $d = ,0403481, p < ,01$

Chi 2 : 1687,425, dl = 10, $p = 0,000000$ (dl ajustés)



III) Un modèle de changements de la volatilité, 1818-1997

Le plus difficile est fait : il ne reste plus qu'à mettre à profit les dates des changements de la structure (λ, μ) du marché retenues en conclusion de la deuxième partie ou partie historique de ce travail pour simuler les changements de la volatilité survenus, du fait des modifications de ces deux paramètres, sur le marché de l'huile de palme depuis 1818. On suppose pour simplifier que le marché de l'huile rivale, huile de soja dans la section précédente, s'il est susceptible de concerner un produit changeant dans le temps (le suif puis le soja sont dans cet ordre concurrents de l'huile de palme) n'en obéit pas moins à des règles invariantes de fonctionnement : le comportement des négociants sur le marché rival est donné une fois pour toutes.

Les équations [12.1] à [12.9] sont simulées sur 2159 périodes avec les valeurs de paramètres suivantes :

$$\begin{array}{ll}
u_{PA} = v_{PA} = .5 & u_S = v_S = .5 \\
p_{PA}^B = 0.1 & p_S^B = 0.1 \\
p_{PA}^Y = 0.2 & p_S^Y = 0.2 \\
\lambda_1 = 1 & \lambda_3 = 1 \\
p_{PA}^Z = 0.8 & p_S^Z = 0.8 \\
p_{PA}^T = 0.9 & p_S^T = 0.9 \\
\varepsilon = .01 & \\
c = .5 & \\
\lambda_1 = 1 & \mu' = 1 \\
& \lambda_3 = 1 \\
& \lambda_4 = 6 \\
A_{PA}^+ = 0.31 & A_S^+ = 0.31 \\
A_{PA}^- = -0.31 & A_S^- = -0.31 \\
a_{PA} = 1 & a_S = 1 \\
SUB_{Bomb} = 0.5 & \\
SUB_{Chic} = 0.5 & \\
SUB_{Rott} = 0.2 &
\end{array}$$

Nous avons retenu en conclusion de l'étude historique du marché de l'huile de palme les valeurs de λ_2 et μ suivantes (cf conclusion du chapitre 10) :

Tableau 10.8 : taille de marché et vitesse d'ajustement, 1818-1997

	λ_1	λ_2	μ
Jan 1818 – déc 1929	1	0	1
Jan 1930 – déc 1939	1	0	> 3
Jan 1940 – déc 1971	1	0	1
Jan 1972 – déc 1997	1	5	≥ 1

en émettant des réserves sur la valeur du paramètre de taille μ . Déduit durant la période 1930 – 1940 de la part de marché de l'huile de palme dans le secteur original de la savonnerie en Grande-Bretagne (multiplication par 3 durant la décennie) et de la position de l'huile de palme parmi toutes les huiles consommées en Grande-Bretagne également (première position atteinte durant la décennie), la valeur de μ avait été approchée par une inégalité ($\mu > 3$). De la même manière, on a beau savoir que l'huile de palme devient la première huile végétale échangée dans le monde à partir de la fin de l'année 1971 et plus régulièrement à partir de 1981, il

est extrêmement délicat de fournir une valeur précise de μ . Cependant, on sait que les effets des changements de la taille du marché procèdent *in fine* d'une modification de la vitesse d'ajustement. On décide donc, dans notre simulation, de nous en remettre lors de la période d'extension du marché (1971-1997) aux seules variations du paramètre de proximité λ_2 . On retient les valeurs suivantes :

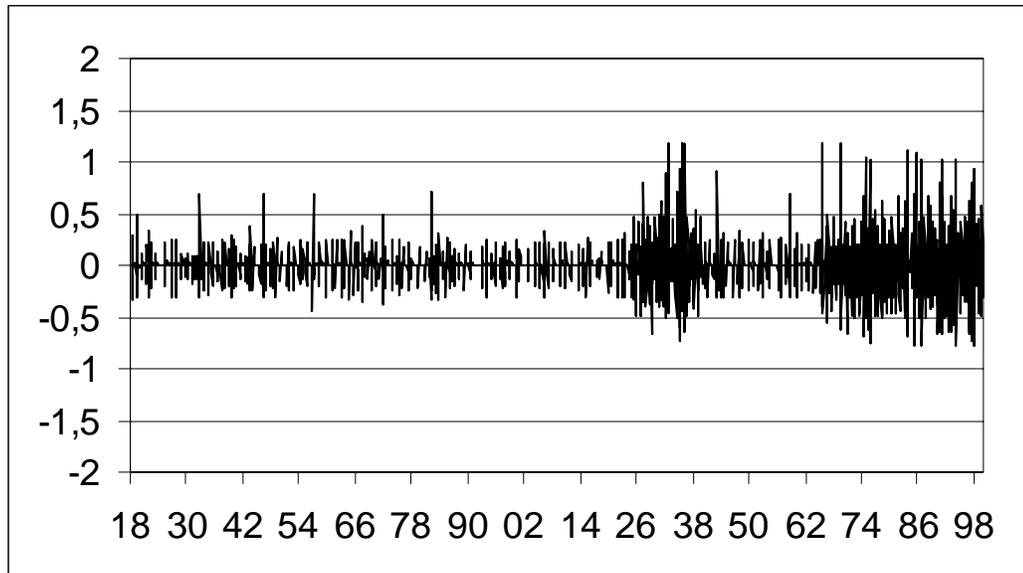
Tableau 12.4 : taille de marché et vitesse de réaction, simulation 1818-1997

	λ_1	λ_2	μ
Jan 1818 – déc 1929	1	0	1
Jan 1930 – déc 1939	1	0	5
Jan 1940 – déc 1971	1	0	1
Jan 1972 – déc 1997	1	5	1

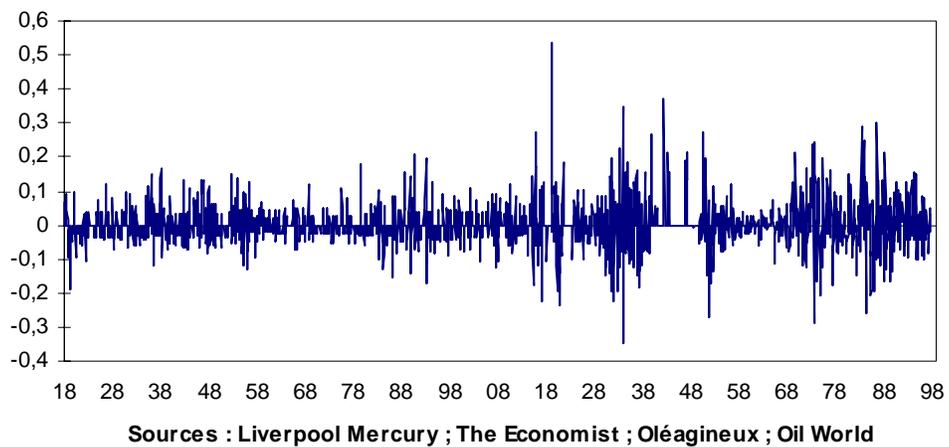
On simule 2159 *clearing* du modèle Palme/Soja avec les valeurs de paramètres présentées ci-dessus, en attribuant la date janvier 1818 au premier *clearing*, février 1818 au second etc. Les variations des prix de l'huile de palme simulés sont données graphique 12.12 ainsi que les variations réelles (série Dpalme). Les variations ont été normalisées en écart type afin de lever le problème des unités (les prix simulés sont compris grosso modo entre 0 et 1 ce qui n'est pas le cas du logarithme naturel des cours en livre sterling) et rendre possible les comparaisons. On retrouve des caractéristiques identiques : des périodes de faibles variations sont remplacées par des périodes de fortes variations dont on connaît, et c'est tout l'intérêt du modèle, les raisons. Les distributions des variations de prix réels et simulés sont données graphiques 12.13. L'aplatissement théorique (kurtosis) est de 10.22 contre 10.59 en réalité, l'asymétrie (*skewness*) de 1.08 contre 0.72 en réalité ; dans les deux cas l'anormalité est avérée¹. Le test de non linéarité Arch signale une forte corrélation des variances ($\chi^2(1) = 310.812$ significatif à 1%). La « ressemblance » des variations de prix simulés avec les courbes leptokurtiques des séries réelles manquait à la vérification de nos hypothèses de taille de marché et de vitesse d'ajustement en sources des changements de la volatilité : c'est maintenant un résultat acquis.

¹ Kolmogorov-Smirnov $d = .1748409$, $p < .01$ et $\text{Chi}^2 : 1301.033$, $dl = 10$, $p = 0.000$ (dl ajustés) sur la série simulée.

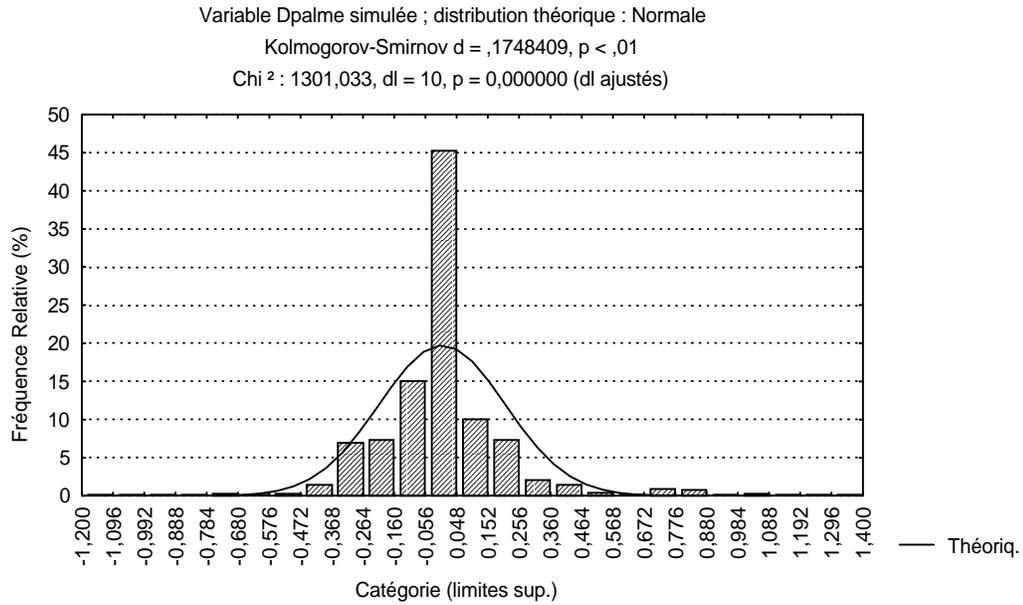
Graphique 12.12 : simulation du modèle Palme/Soja avec des valeurs variables des paramètres ($\lambda_1, \lambda_2, \mu$), 1818-1997



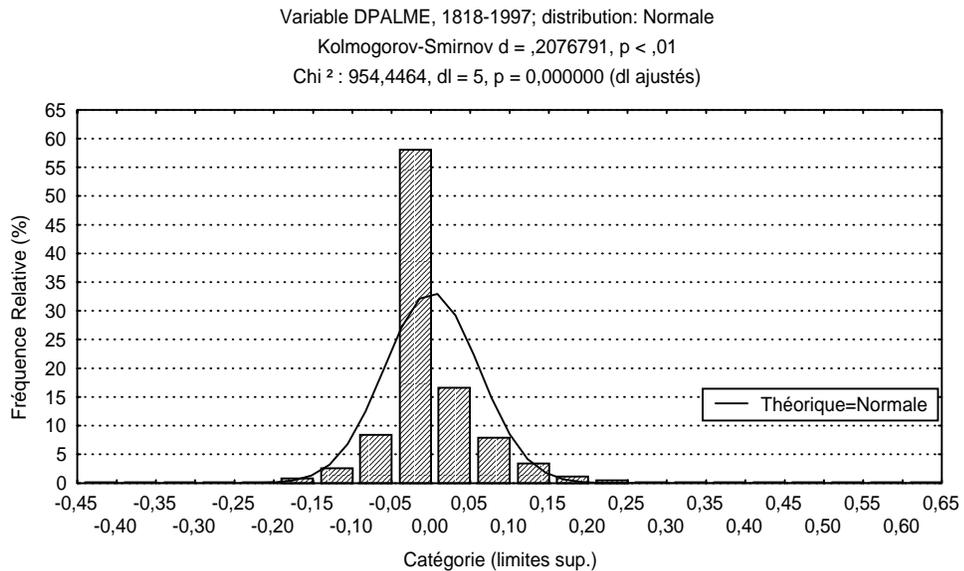
Graphique 0.2 : Série DPALME : différences premières de la série PALME, 1818-1997



Graphique 12.13 : distribution des variations de prix simulées, modèle Palme/Soja avec des valeurs variables des paramètres ($\lambda_1, \lambda_2, \mu$), 1818-1997



Graphique 1.4 : Distribution des variations réelles, série Dpalme



CONCLUSION GENERALE

On a terminé ce travail par un graphique que l'on trouvait à son ouverture, celui d'une distribution anormale des prix. Entre la distribution des variations de prix réels et la distribution des prix que nous venons de simuler, douze chapitres se sont écoulés, durant lesquels nous avons essayé de comprendre quelles étaient les sources de l'anormalité des distributions empiriques et plus généralement de connaître les déterminants économiques des changements de la volatilité dont l'anormalité n'est qu'une illustration statistique. La littérature nous donne des interprétations de la volatilité mais ne fournit pas de théorie de ses changements ; les négociants rencontrés sur les principales places du marché de l'huile de palme en revanche possèdent des explications des inconstances de la volatilité : notre premier travail, à partir de leurs explications empiriques, a été de trouver un cadre théorique au sein duquel il était possible de soumettre les hypothèses de terrain à une falsification. Ce cadre a été fourni par la dynamique complexe et le modèle de l'ajustement dynamique non linéaire walrasien dans une version formalisée par Day (1994) d'après Samuelson (1947). Dans ce modèle, deux paramètres, la taille du marché et la vitesse d'ajustement, déterminent le régime des prix du marché : régime stationnaire, périodique, oscillatoire et divergeant, oscillatoire et convergeant, ou aperiodique et sensible aux conditions initiales (chaotique). La variation d'un des deux paramètres provoque un changement de régime du marché. Mesurer ensuite ses effets sur la volatilité n'a pas, semble-t-il, retenu l'attention des chercheurs. Fort des conclusions de nos entretiens, c'est ce à quoi on a dédié ce travail. Mesure et datation des changements de la volatilité, mesure et datation des changements de régime occupent la première partie. La coïncidence des deux chronologies est montrée. La mise en lumière des variations des deux paramètres de l'ajustement walrasien dans l'étude historique du marché de l'huile de palme depuis près de deux siècles est l'objet de la seconde partie. On a identifié, après enquête, la vitesse d'ajustement à une fonction simple de la distance entre l'exportateur et l'importateur et la taille du marché au taux de croissance des volumes échangés, doublé de la position prise par l'huile de palme dans la hiérarchie des huiles

échangées. L'expérience prouvant en effet que plus une huile est disponible et abondante sur le marché, plus les intervenants se tournent vers elle, qui supportera en conséquence la première les ajustements du marché. L'évolution du paramètre de taille fait ressortir deux périodes : les années 30 de ce siècle durant lesquelles l'huile de palme triple sa part de marché dans le secteur de la savonnerie et devient la première huile végétale consommée en Grande-Bretagne, et les années couvrant la période allant de 1972 jusqu'à aujourd'hui, qui voit l'huile de palme supplanter l'huile de soja dans la hiérarchie des huiles commercialisées dans le monde. L'étude, conjointe, de l'évolution de la vitesse d'ajustement à travers l'indicateur qu'est la distance séparant l'offre de la demande montre qu'aux échanges historiques de longue distance entre la Grande-Bretagne et le golfe de Guinée, étendus dans un premier temps à l'Europe et l'Asie aux débuts des années 70, s'est superposé un commerce de courte distance à l'intérieur de l'Asie depuis le milieu des années 80 avec l'émergence de pays déficitaires en corps gras comme l'Inde et la Chine. On a constaté que le découpage chronologique fourni par l'évolution historique des deux paramètres correspondait à celui des changements de la volatilité sur lequel s'était conclue la première partie de notre travail. Restait à démontrer que cette coïncidence n'était pas fortuite. La troisième et dernière partie est emplie de modèles. Des modèles simples ou compliqués, mais toujours rudimentaires : des caricatures de la réalité. A partir d'un modèle à deux horizons de Day et Huang (1990), on a construit un modèle d'échange d'huile de palme centré sur un intervenant clef, un intermédiaire : le négociant international. Ses anticipations et ses stratégies, différentes selon l'horizon d'échange sur lequel il s'est spécialisé, conduisent, on le vérifie dans un premier temps, à la génération de chroniques chaotiques, complexes, pour de grandes plages de paramètres du modèle. Les variations des paramètres de taille et de proximité produisent, on le vérifie dans un second temps, des variations de la volatilité. Un seul défaut, rédhibitoire d'après nous, entache nos résultats : les distributions des variations de prix simulés ne sont jamais conformes aux distributions des variations réelles : jamais gaussiennes, c'est un fait, elles sont irréalistes, trop éloignées de ce que l'on observe. Nos hypothèses sont-elles invérifiables ? Sinon, d'où provient l'erreur ?

Selon nous, d'avoir raisonné en équilibre partiel et négligé totalement les autres huiles quand peu ou prou, toutes sont substituables dans l'industrie. Trop restrictif, le modèle ignore les substitutions entre produits ; qu'à cela ne tienne ; on duplique le modèle initial, crée un second marché et impose aux négociants des seuils de prix à l'extérieur desquels les substitutions sont possibles, rentables. Le modèle, un modèle à deux horizons et deux produits, clôt notre travail en apportant à notre démonstration la vérification d'une propriété qui lui manquait : une distribution satisfaisante des variations de prix.

Des 130 tonnes importées en Grande-Bretagne en 1793 jusqu'aux 12 millions de tonnes échangés dans le monde en 1998, l'huile de palme est passée d'un marché marginal, celui des bougies, à un marché dont la croissance, vive au XIX^e siècle, s'essouffera en Europe au milieu du siècle suivant, celui des savons, pour enfin accéder au marché alimentaire à partir des années 30 et se « hisser à l'échelle du monde », pour reprendre l'expression de Verley (1997), en devenant un produit de consommation de masse. Hormis la synthèse de sources extrêmement disparates sur les conditions et les statistiques de l'échange d'huiles en Europe depuis le début du XIX^e siècle et la construction de séries inédites et complètes du commerce de corps gras couvrant tout le XX^e siècle, qui ont été indispensables à la vérification de nos hypothèses, ce travail sur la volatilité des cours d'un produit de base particulier apporte une contribution originale et modeste au débat contemporain sur les impacts du libre échange en matière de volatilité des prix et sur l'éventuelle particularité des marchés de matières premières, marchés physiques dont les risques de krach seraient exclus. On ne revient que brièvement sur le mutisme des outils de la dynamique complexe (comme la dimension de l'attracteur et la sensibilité aux conditions initiales) dans le domaine des politiques économiques : ces outils prestigieux et *up-to-date* ne sont d'après nous pour l'instant d'aucune utilité dans les discussions de politique économique, comme l'opportunité d'une intervention publique dans l'économie marchande ou non marchande. L'absence de loi d'évolution des attracteurs chaotiques et l'absence de mesure rigoureuse sur séries réelles du temps caractéristique d'un système complexe (temps mis par une perturbation pour être multipliée par dix) obligent en

la matière à se tourner vers les statistiques traditionnelles et le calcul des différents moments. L'heure où les problèmes économiques se résoudre dans l'espace des phases n'a semble-t-il pas encore sonné. Ce que montrent nos estimations des changements de la volatilité depuis 1818, ce que montrent également nos modèles de fonctionnement de marché à partir de l'ajustement dynamique walrasien, est que l'idée d'un agrandissement du marché, d'une création d'un marché mondial où il est libre d'échanger, écraserait les fluctuations extrêmes des prix en vertu de la loi des grands nombres, est douteuse dans un monde non gaussien. Douteuse parce que les théorèmes centraux limites ne s'appliquent pas à tous les systèmes chaotiques. Douteuse parce que dans l'exemple de nombreux marchés coloniaux constitués aux XVIII^e et XIX^e siècles pour l'exploitation de produits tropicaux, comme ce fut le cas du marché des huiles, la mondialisation des échanges possède une traduction géographique dédaignée des conversations politiques, et chargée pourtant d'informations d'envergure. Les pays européens étant, par définition géographique, loin des tropiques, le commerce des denrées de base tropicales a été d'emblée un commerce de longue distance. Ce que nous montrons est que dans l'hypothèse de l'émergence d'une demande de ces produits à proximité de leur centre de production, la volatilité des prix sera beaucoup plus élevée qu'elle ne l'était à l'échelle du commerce original. Le marché ne grandit pas, ne se dilate pas : en se mondialisant il se dédouble, se scinde, superpose les horizons. On peut prendre l'image d'un cercle sur lequel sont situés les produits tropicaux ; à leur centre l'Europe importe. On passe, après la naissance d'une demande « tropicale » (et la transition alimentaire dans le cas des huiles) du cercle au disque : le cercle s'emplit, de la périphérie vers le centre ; on pourrait raffiner en disant que cet emplissage est fractal. Des marchés de proximité s'ajoutent au marché de longue distance initial. La vitesse d'ajustement du marché n'est plus unique : elle aussi se dédouble, se scinde ; et le résultat mathématique est qu'en vertu de la superposition de différents horizons, la volatilité est changeante et s'accroît à mesure que se renforce le commerce de court terme. On n'interprète pas autrement la volatilité actuelle des places boursières internationales. Seulement le terme est un horizon temporel tandis qu'il est un horizon géographique dans l'exemple des oléagineux tropicaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abraham-Frois G. et E. Berrebi, 1995, *Instabilité, Cycles, Chaos*, Economica, Paris.
- Agrarawala R., 1983, «Price distortions and growth in developing countries», World Bank Staff Working Paper n° 575, World Bank, Washington DC.
- Akaike H., 1973, «Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle », Second International Symposium on Information Theory, ed. B.N. Petrov and F. Csàki, Budapest, Akademiai Kiado.
- Akgiray V., 1989, « Conditional Heteroskedasticity in Time Series of Stock Returns : Evidence and Forecasts », *Journal of Business* 62 : 55-80.
- Araujo Bonjean C. et J.-F. Brun, 1998, « Comment gérer l'instabilité des cours mondiaux ? L'exemple du coton africain », Communication du colloque du Gammap, 5-6 novembre 1998, Grenoble.
- Araujo Bonjean C., 1997, « Termes de l'échange : de la baisse tendancielle au chaos », *Revue d'Economie du Développement* 1.
- Bachelier L. 1914, *Le jeu, la chance et le hasard*, Flammarion.
- Bachelier L., 1900, «Théorie de la spéculation», thèse de doctorat ès Sciences Mathématiques, Facultés des Sciences de Paris, soutenue le 29 mars 1900. Réimpression, Paris : Gabay, 1995.
- Bailey W. et R. DeGennaro, 1990, « Stock Returns and Volatility », *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 2 : 204-214.
- Bairoch P., 1992, *Le Tiers-Monde dans l'impasse*, troisième édition, Gallimard, Paris.
- Bala V. et M. Majundar, 1992, « Chaotic Tatonnement », *Economic Theory* 2(4) : 437-446.
- Banerjee A., 1992, « A Simple Model of Herd Behavior », *Quarterly Journal of Economics* 107 : 797-817.
- Barnett W.A. et M.J. Hinich, 1993, « Has Chaos Been discovered with Economic Data ? », in *Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics*, Oxford University Press.
- Barraclough S., 1985, «Cooptation and Elite Accommodation in Malaysian Politics», *Contemporary Southeast Asia* 6 : 308-318.
- Bates R. (éd.), 1988, *Toward a Political Economy of Development : A Rational Choice Perspective*, University of California Press, Los Angeles and Berkeley.

- Bates R., 1981, *Markets and States in Tropical Africa*, University of California Press, Los Angeles and Berkeley.
- Bauer P.T., 1976, *Dissent on Development*, Harvard University Press, Cambridge MA.
- Bek-Nielsen B., 1997, «Malaysia as an Agrobased Centre : Development of an Integrated Plantation Industry», papier présenté à la *International Planters Conference* 21-22 Mai 1997, Kuala-Lumpur.
- Benhabib J., 1996, « On Cycles and Chaos in Economics », *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 1(1) : 1-2.
- Bergé P. et M. Dubois, 1992, « Chaos déterministe expérimental et attracteurs étranges » in Dalmedico A.D., Chabert J.-L. et K. Chemla (dir.), 1992, *Chaos et Déterminisme*, Seuil, Paris : 115-169.
- Bhagwati J., 1998, « The Capital Myth », *Foreign Affair* mai-juin.
- Bikhchandani S., Hirschleifer D. et I. Welch, 1992, « A Theory of Fads, Fashions, Customs and Cultural Change as Informational Cascades », *Journal of Political Economy* 100 : 992-1026.
- Black F. et M. Scholes, 1973, « The Pricing of Options and Corporate Liabilities », *Journal of Political Economy* 81 : 637-654.
- Black F., 1976, « The Pricing of Commodity Contracts », *Journal of Financial Economics* 3 : 167-179.
- Black F., 1986, « Noise », *Journal of Finance* 41(3) : 529-543.
- Boislandry Dubern E., 1939, "Le marché mondial des matières grasses et l'industrie française", supplément au *Bulletin Quotidien*, juillet, Société d'Etudes et d'Information Economique, Paris.
- Bollerslev T., 1986, « Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity », *Journal of Econometrics* 31 : 307-327.
- Bollerslev T., 1987, « A Conditionally Heteroskedastic Time Series Model for Security Prices and Rates of Return Data », *Review of Economics and Statistics* 69 : 542-547.
- Bookstaber R., 1997, « Global Risk Management : Are We Missing the Point ? », *Journal of Portfolio Management* 23(3), printemps : 102-107.
- Bouille P., 1951, *Le Sacrilège malais*, Julliard, Paris.
- Boussard J.-M., 1994, « Stabilisation et dynamique des marchés agricoles », Document préparé pour le congrès de l'Association Française de Sciences Economiques, Paris, 29-30 septembre 1994.
- Boussard J.-M., 1996, « When Risk Generates Chaos », *Journal of Economic Behaviour and Organization* 29 : 433-446.

- Boussard J.-M., 1998, « Les sources de l'instabilité dans les marchés de matières premières, comment les contrôler ? », communication au colloque du Gammmap, Dynamique des prix et des marchés de matières premières, analyse et prévision, 5 et 6 novembre 1998.
- Brady N. *et al.*, 1988, « Report of the Presidential Task Force on Market Mechanisms », Washington, US Gov. Printing Office.
- Brock W.A. et C.L. Sayers, 1988, « Is the Business Cycle Characterized by Deterministic Chaos? », *Journal of Monetary Economics* 22 : 71-90.
- Brock W.A., 1986, « Distinguishing Random and Deterministic Systems : Abridged Version », *Journal of Econometrics Theory* 40 : 168-95.
- Brock W.A., Dechert W.D. et J.A. Scheinkman, 1987, « A Test of Independence Based on the Correlation Dimension », Working Paper 8702, Social Systems Research Institute, University of Wisconsin-Madison.
- Brock W.A., Hsieh D.A. et B. Le Baron, 1991, *Dynamics, Chaos, and Instability : Statistical Theory and Economic Evidence*, MIT Press.
- Brockman P. et M. Chowdhury, 1997, « Deterministic versus Stochastic Volatility : Implications for Options Pricing Models », *Applied Financial Economics* 7 : 499-505.
- Bulletin des Matières Grasses, publié par l'Institut Colonial, Marseille.
- Bunting B., Georgi C.D.V et J.N. Milsum, 1934, *The Oil Palm in Malaya*, Kuala Lumpur.
- Cai J., 1994, « A Markov Model of Switching-Regime ARCH », *Journal of Business & Economic Statistics* 12(3) : 309-316.
- Caron F., 1997, *Les deux révolutions industrielles du X^e siècle*, Albin Michel, Paris.
- Charlety-Lepers P. et R. Portait, 1997, « Assurance et couverture de portefeuille, volatilité des prix et stabilité des marchés financiers », *Revue Economique* 48(4) : 853-868.
- Chavas J.-P. et M.T. Holt, 1991, « On Nonlinear Dynamics : The Case of the Pork Cycle », *American Journal of Agricultural Economics*, août : 819-828.
- Chen P., 1996, « A Random Walk or Color on the Stock Market? Time-Frequency Analysis of S&P Indexes », *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 1(2) : 87-103.
- Cho G., 1990, *The Malaysian Economy*, Routledge, London and New York.
- Chou R., 1988, « Volatility Persistence and Stock Valuation : Some Evidence Using Garch », *Journal of Applied Econometrics* 3 : 279-294.

- Cochrane J.H., 1988, « How Big is the Random Walk in GNP ? », *Journal of Political Economy*, vol.96, n° 5 : 893-920.
- Cootner P.H., 1962, « Stock Prices : Random Walk vs. Systematic Change », *Industrial Management Review*, vol. 3 : 24-45.
- Copes P., 1970, « The Backward-Bending Supply Curve of the Fishing Industry », *The Scottish Journal of Political Economy* 17 : 69-77.
- Coquery-Vidrovitch C., 1971, « De la traite des esclaves à l'exportation de l'huile de palme et des palmistes au Dahomey : XIX^e siècle », in Meillassoux C., 1971, *The Development of indigenous trade & markets in West Africa*, Oxford University Press.
- Cornew R., Town R. et L. Crowson, 1984, « Stable Distribution, Futures Prices, and the Measurement of Trading Performance », *The Journal of Futures Markets* 4 : 531-557.
- Crone G.R., 1937, «The Voyages of Cadamosto and other Documents on Western Africa in the Second Half of the Fifteenth Century», Hakluyt society, Series II, 80.
- Crutchfield J.P. et J.D. Farmer, 1982, « Fluctuations and Simple Chaotic Dynamics », *Physics Report* 92 : 45-82.
- Cuddington J.T. et C.M. Urzua, 1989, « Trends and Cycles in the Net Barter Terms of Trade : A New Approach », *Economic Journal* 99 (juin) : 426-442.
- Daloz J.-P. et B. Gros Lambert, 1998, « Les lois stables comme alternative à la distribution des taux de rentabilité au London Metal Exchange », communication du colloque « Dynamique des prix et des marchés des matières premières : analyse et prévision », Grenoble, 5 et 6 novembre 1998.
- Day R.H. et W. Huang, 1990, « Bulls, Bears and Market Sheep », *Journal of Economic Behavior and Organization* 14 : 299-329.
- Day R.H. et W. Shafer, 1987, « Ergodic Economic Fluctuations », in Medio A. (ed.), *Advances in Dynamic Economics*, numéro spécial du *Journal of Economic Behavior and Organization* 8 : 339-362.
- Day R.H., 1982, « Irregular Growth Cycles », *American Economic Review* vol. 72 : 406-414.
- Day R.H., 1992, « Complex economic dynamics : obvious in history, generic in theory, elusive in data », *Journal of Applied Econometrics*, vol. 7, S9-S23.
- Day R.H., 1994, *Complex Economic dynamics*, vol I, MIT Press, Cambridge MA.
- De Koninck R. Et McTaggart W.D., 1987, «Land Settlement Processes in Southeast Asia : Historical Foundations, Discontinuities and Problems», *Asian Profile* 15 (août) : 341-356.

- Deaton A.S., 1992, « Commodity Prices, Stabilization, and Growth in Africa », Research Program in Development Studies, Discussion Paper 166, Princeton University.
- DeCoster G.P., Labys W.C. et D.W. Mitchell, 1992, « Evidence of Chaos in Commodity Futures Prices », *The Journal of Futures Markets* vol. 12 (3) : 291-305.
- Delaisi M., 1929, *Les Deux Europes*, Payot.
- Demery L. et T. Addison, 1987, *The Alleviation of Poverty Under Structural Adjustment*, World Bank, Washington DC.
- Dickey D. et W.A. Fuller, 1979, « Distribution of the Estimators for Time Series Regressions with a Unit Root », *Journal of the American Statistical Association* 47 : 427-431.
- Diebold F. et M. Nerlove, 1989, « The Dynamics of Exchange Rate Volatility : A Multivariate Latent Factor ARCH Model », *Journal of Applied Econometrics* 4 : 1-21.
- Diebold F. et P. Pauly, 1988, « Endogenous Risk in a Rational-Expectations Portfolio Balance Model of the Deutschemark/Dollar Rate », *European Economic Review* 32 : 27-54.
- Diebold F., 1988, *Empirical Modeling of Exchange Rate Dynamics*, Springer-Verlag : New-York.
- Dike K.O., 1956, *Trade and Politics in the Niger Delta, 1830-35*, Oxford University Press.
- Dorin B., 1994, *L'Economie oléifère de l'Union Indienne*, thèse de doctorat, Université de Montpellier 1, TH 1121.
- Drewnowski A. et B.M. Popkin, 1997, « The nutrition transition : new trends in the global diet », *Nutrition Reviews* vol. 55 (2) : 31-43.
- Dwyer G.P. jr, 1992, « Stabilization can lead to chaos », *Economic Inquiry* vol. 30(1) : 40-46.
- Eckmann J. et D. Ruelle, 1985, « Ergodic Theory of Chaos and Strange Attractors », *Reviews of Modern Physics* 57 : 617-656.
- The Economist*, revue hebdomadaire, Londres.
- Edwards F.R. et C.W. Ma, 1992, *Futures and Options*, McGraw-Hill International Edition : Singapour.
- Einstein A., 1908, « Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen », *Annals of Physics*.
- Ekeland I., 1991, « La mathématisation du hasard » in Noël E. et alii, 1991, *Le hasard aujourd'hui*, Seuil : 195-207.
- Elz D. (éd.), 1987, *Agricultural Marketing Strategy and Pricing Policy*, World Bank, Washington DC.

- Ender G., 1985, «Malaysia's Production of Palm Oil with Projections to Year 2000", USDA, Economic Research Service, International Economics Division Staff Report n° AGES850710, USDA, Washington DC.
- Engle R. et T. Bollerslev, 1986, « Modelling the Persistence of Contional Variances », *Econometric Reviews* 5 : 1-50.
- Engle R. et V.K. NG, 1993, « Time-Varying Volatility and the Dynamic Behavior of Term Structure », *Journal of Money, Credit and Banking* 25(3) : 336-349.
- Engle R., 1982, « Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation », *Econometrica* 55 : 391-407.
- Exposition Coloniale Internationale, 1931, *Congrès International des Oléagineux*, 12, 13 et 14 octobre, Paris.
- Ezekiel M., 1938, « The Cobweb Theorem », *Quarterly Journal of Economics* 53 : 255-280.
- Fama E.F. et K. French, 1988, « Permanent and Temporary Components of Stock Prices », *JPE* 96 (2) : 246-273.
- Fama E.F. et R. Roll, 1968, « Some Properties of Symetric Stable Distributions », *Journal of the American Statistical Association* 63, sept. : 817-836.
- Fama E.F. et R. Roll, 1971, « Parameter Estimates for Symetric Stable Distributions », *Journal of the American Statistical Association* 66 : 331-338.
- Fama E.F., 1965a, «Random Walks in Stock Market Prices», *Financial Analyst Journal* sept/oct : 55-59.
- Fama E.F., 1965b, « The Behavior of Stock Market Prices », *The Journal of Business*, vol. 38, jan. : 34-105.
- Fama E.F., 1970, «Efficient Capital Markets : A Review of Theory and Empirical Work», *Journal of Finance*, 25.
- Feller W., 1966, *An Introduction to probability theory and its applications*, J. Wiley.
- Fieldhouse D.K., 1973, *Economics and Empire, 1830-1914*, Londres.
- Food Research Institute, 1928, « Copra and Coconut Oil », *Fats and Oils Studies* n° 2, avril, Stanford University, Californie.
- Food Research Institute, 1928, « The Fats and Oils : A General View », *Fats and Oils Studies* n° 1, février, Stanford University, Californie.

Food Research Institute, 1929, « Inedible Animal Fats in the United States », *Fats and Oils Studies* n° 3, décembre, Stanford University, Californie.

Food Research Institute, 1930, « Margarine as a Butter Substitute », *Fats and Oils Studies* n° 4, décembre, Stanford University, Californie.

Foreman-Peck J., 1995, *A History of the World Economy*, Londres.

Friedman M., 1953, « The Effect of a Full-Employment Policy on Economic Stability : A Formal Analysis », in *Essays in Positive Economics*, University of Chicago Press : 117-132.

Fulponi L., 1994, « La variabilité des prix internationaux de base : les marchés sont-ils efficaces ? » *Economie Rurale* 219 : 16-23.

Gabillon E., 1997, « Marchés incomplets et intermédiation financière », *Revue économique* 48(4) : 805-833.

Gaston-Breton T., 1998, *Lesieur, une marque dans l'histoire, 1908-1998*, Librairie Académique Perrin.

Genotte G. et H.E. Leland, 1990, « Market Liquidity, Hedging and Crashes », *The American Economic Review* décembre : 999-1021.

Ghosh A. et J. Ostry, 1994, « Export Instability and the External Balance in Developing Countries », *Staff Papers*, FMI, 41 (juin) : 214-235.

Gilbert C.L., 1990, « The Rational Expectations Hypothesis in Models of Primary Commodity Prices », wps 384, World Bank.

Gleick J., 1991, *La théorie du chaos*, Flammarion, Paris.

Godfrey M.D., Granger C.W.J. et O. Morgenstern, 1964, « Spectral Analysis of New York Stock Market Prices », *Kyklos*, vol. 16 : 1-27.

Goodwin R.M., 1951, « The Nonlinear Accelerator and the Persistence of Business Cycles », *Econometrica* 19 : 1-17.

Goodwin R.M., 1967, « A Growth Cycle », in Feinstein C.H. (éd.), *Socialism, Capitalism and Economic Growth*, Cambridge University Press, version révisée in Hunt E.K. et G. Schwarts (eds), 1969, *A Critique of Economic Theory*, Penguin.

Goodwin R.M., 1990, *Chaotic Economic Dynamics*, Clarendon Press, Oxford.

Gourieroux C, 1992, *Modèles ARCH et applications financières*, Economica : Paris.

Grandmont J.-M. et P. Malgrange, 1986, « Nonlinear Economic Dynamics : An Introduction », *Journal of*

Economic Theory octobre : 3-12.

Grandmont J.-M., 1983, « Periodic and Aperiodic Behavior in Discrete One-Dimensional Dynamical Systems », CEPREMAP D.P. 8317.

Grandmont J.-M., 1985, *On Endogeneous Business Cycles*, *Econometrica* 53 : 995-1045.

Granger C.W.J. et P. Newbold, 1986, *Forecasting Economic Time Series*, Academic Press, Londres.

Grasman J., 1987, *Asymptotic Methods for Relaxation Oscillations and Applications*, Applied Mathematical Sciences 63, Springer Verlag, Berlin.

Grass G., 1961, *Le Tambour*, Le Seuil, Paris.

Grassberger P. et I. Procaccia, 1983, « Characterization of Strange Attractors », *Physical Review Letters* 50 : 448-451.

Grassberger P., 1990, « An optimized box-assisted algorithm for fractal dimensions », *Physics Letters A* 148 (1-2) : 63-68.

Green M. et B. Fielitz (1977), « Long-Term Dependence in Common Stock Returns », *Journal of Financial Economics* 4 : 339-349.

Gribbin D.W., Harris R.W. et Hon-Shiang Lau, 1992, « Futures Prices Are not Stable-Paretian Distributed », *The Journal of Futures Markets* 12(4) : 475-487.

Grossmann S.J., 1988, « An Analysis of the Implications for Stock and Futures Price Volatility of Program Trading and Dynamic Hedging Strategies », *Journal of Business* 61(juillet) : 275-298.

Guégan D., 1994, *Séries chronologiques non linéaires à temps discret*, Economica, Paris.

Halim Salleh, 1991, « State Capitalism in Malaysian Agriculture », *Journal of Contemporary Asia* vol. 12, n° 3, p. 327-343.

Hall J., Brorsen B. et S. Irwin, 1989, « The Distribution of Futures Prices : A Test of the Stable Paretian and Mixture of Normals Hypotheses », *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 24 : 105-116.

Hamilton J.D. et R. Susmel, 1994, « Autoregressive Conditional Heteroskedasticity and Changes in Regime », *Journal of Econometrics* 64 (1-2) : 307-333.

Hamilton J.D., 1989, « A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle », *Econometrica* 57 : 357-384.

Hamilton J.D., 1990, « Analysis of Time Series Subject to Changes in Regime », *Journal of Econometrics* 45 : 39-70.

- Hamilton J.D., 1994, *Time Series Analysis*, Princeton University Press : Princeton.
- Hamilton J.D., 1996, « Specification Testing in Markov-Switching Time-Series Models », *Journal of Applied Econometrics* 70 : 127-157.
- Hanson, 1993, « Pricing Commodity Options when the Underlying Futures Price Exhibits Time-Varying Volatility », *American Journal of Agricultural Economics* février : 121-130.
- Harrison P., 1998, « Similarities in the Distribution of Stock Market Price Changes between the Eighteenth and Twentieth Centuries », *Journal of Business* 71(1) : 55-79.
- Hartley C.S.W., 1967, *The Oil Palm*, Tropical Series, Longman Group Limited, UK.
- Henry Y., 1926, « Document sur le palmier à huile à Sumatra », extrait du *Bulletin économique de l'Indochine* - nouvelle série I, Hanoi.
- Heynen R., Kemna A. et T. Vorst, 1994, « Analysis of the Term Structure of Implied Volatilities », *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 29(1) : 31-74.
- Hinich M.J., 1982, « Testing for Gaussianity and Linearity of a Stationary Time Series », *Journal of Time Series Analysis* 3(3) : 169-176.
- Hofbauer F. et G. Keller, 1982, « Equilibrium States for Piecewise Monotonic Transformations », *Ergodic Theory and Dynamical Systems* 2 : 23-43.
- Hsieh D.A., 1989a, « Testing for Nonlinear Dependence in Foreign Exchange Rates », *Journal of Business* 62 : 339-368.
- Hsieh D.A., 1989b, « Modeling Heteroscedasticity in Daily Foreign-Exchange Rates », *Journal of Business and Economic Statistics* 7 : 307-317.
- Hsieh D.A., 1991, « Chaos and Nonlinear Dynamics : Application to Financial Markets », *Journal of Finance* XLVI (5) : 1839-1877.
- Hsieh D.A., 1995, « Nonlinear Dynamics in Financial Markets : Evidence and Implications », *Financial Analysts Journal* juillet-août : 55-62.
- Hudson M., Leuthold R. et G. Sarassoro, 1987, « Commodity Futures Price Changes : Recent Evidence for Wheat, Soybeans and Live Cattle », *The Journal of Futures Markets* 7 : 287-301.
- Hull J. et A. White, 1987, « The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatility », *Journal of Finance* 42 : 281-300.
- Hyden G., 1980, *Beyond Ujamaa in Tanzania*, University of California Press, Los Angeles and Berkeley.

IIA, 1939, *La production et le commerce international des huiles et graisses*, Série des monographies sur les principaux produits agricoles du marché mondial, n° 5 : Rome.

IIA, Annuaire international de statistique agricole, diverses années de 1909 à 1939, Rome.

Jaditz T. et C.L. Sayers, 1993, « Is Chaos Generic in Economic Data ? », *International Journal of Bifurcation and Chaos* 3(3) : 745-755.

Jomo K.S et Ishak Shari, 1986, *Development Policies and Income Inequality in Peninsular Malaysia : An Economic Study*, University of Malaya Institute of Advanced Studies, Kuala Lumpur.

Jomo K.S., 1984, «Malaysia's New Economic Policy : A Class Perspective», *Pacific Viewpoint* 25 : 153-162.

Kandel S. et R.F. Stambaugh, 1990, « Expectations and Volatility of Consumption and Asset Returns », *Review of Financial Studies* 3(2) : 207-232.

Karamé Fr. et C. Perraudin, 1998, « Asymmetries in the Dynamics of French Job Creation and Destruction Flows », miméo MAD-Université Paris I et CREST.

Kazuo N. et G. Sorger, 1996, « Optimal Cycles and Chaos : A Survey », *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 1(1) : 11-28.

Kelsey D., 1988, « The Economics of Chaos or the Chaos of Economics », *Oxford Economic Papers* 40 : 1-31.

Kiel L.D et E. Elliott (éd.), 1996, *Chaos Theory in the Social Sciences*. The University of Michigan Press.

Kindleberger, C.K., 1996, *Manias, Panics and Crashes*, MacMillan : Londres.

Kohers Th., Pandey V. et G. Kohers, « Using nonlinear Dynamics to Test for Market Efficiency among the Major US Stock Exchanges », *The Quarterly Review of Economics and Finance* 37(2) : 523-545.

Kohzadi N. et M.S Boyd, 1995, « Testing for Chaos and Nonlinear Dynamics in Cattle Prices », *Canadian Journal of Agricultural Economics* 43 : 475-484.

Kumanyika S.K., 1994, « Obesity in minority population : an epidemiological assessment », *Obes. Res.* 2 : 166-182.

Lamoureux C.G. et W.D. Lastrapes, 1990, « Persistence in Variance, Structural Change, and the Garch Model », *Journal of Business and Economic Statistics* 8(2) : 225-234.

Landes D.S., 1975, *L'Europe technicienne ou le Prométhée libéré*, Gallimard, Paris.

- Latham A.J.H., 1978a, *Old Calabar, 1600-1891. The Impact of the International Economy upon a Traditional Society*, Clarendon Press, Oxford.
- Latham A.J.H., 1978b, « Price Fluctuations in the Early Palm Oil Trade », *Journal of African History* 19 : 213-218.
- Latham A.J.H., 1986, « Palm Produce from Calabar, 1812-1887 », in Liesegang G. *et alii* (eds.), *Figuring African Trade*, Dietrich Reimer Verlag, Berlin.
- Laville F., 1998, « Modélisations de la rationalité limitée : de quels outils dispose-t-on ? », *Economie Politique* 49(2) : 335-365.
- Layton A.P., 1996, « Dating and Predicting Phase Changes in the US Business Cycle », *International Journal of Forecasting* 12 : 417-428.
- Leeds R.S., 1989, «Malaysia : Genesis of a Privatization Transaction», *World Development*, vol. 17, n° 5 : 741-756.
- Li T.Y. et J.A. Yorke, 1975, « Period Three implies Chaos », *American Mathematical Monthly* 82(12) : 985-992.
- Liesegang G., Pasch H. et A. Jones (eds.), 1986, *Figuring African Trade*, Dietrich Reimer Verlag : Berlin.
- The Liverpool Mercury*, hebdomadaire, Liverpool.
- Ljung G.M. et G.E.P. Box, 1978, « On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models », *Biometrika* 67 : 297-303.
- Lo A. et C. MacKinlay, 1988, « Stock Market Prices do not follow Random Walks : Evidence from a Simple Specification Test », *Review of Financial Studies* 1 : 44-66.
- Lo A.W., 1991, « Long-term memory in stock market prices », *Econometrica* vol. 59(5) : 1279-1313.
- Lofchie M.F., 1975, « Political and Economic Origins of African Hunger », *Journal of Modern African Studies*, vol. 13, n° 4 : 551-567.
- Loong Wong, 1993, «The State and Organised Labour in West Malaysia, 1967-1980 », *Journal of Contemporary Asia*, vol. 23, n° 2 : 214-237.
- Lorenz E.N., 1963, « Deterministic nonperiodic flow », *Journal of the Atmospheric Sciences* 20 : 130-142.
- Lotka A.Y., 1925, *Elements of physical biology*, Williams and Wilkens.
- Lux Th., 1998, «The socio-economic dynamics of speculative markets : interacting agents, chaos, and the

- fat tails of return distributions», *Journal of Economic Behavior and Organization* 33 : 143-165.
- MacAndrews et al. (éd.), 1982, *Too Rapid Development : Perception and Perspectives from Southeast Asia*, Ohio University Press, Athens Ohio.
- Maddison A., 1989, «Dutch Income in and from Indonesia 1700-1938», *Modern Asian Studies* 23, 4 : 645-670.
- Malaysia, 1965, *First Malaysia Plan 1966-1970*, Kuala Lumpur : Government Printer.
- Malaysia, 1971, *Second Malaysia Plan 1971-1975*, Kuala Lumpur : Government Printer.
- Malaysia, 1976, *Second Malaysia Plan 1976-1980*, Kuala Lumpur : Government Printer.
- Malaysia, 1981, *Second Malaysia Plan 1981-1985*, Kuala Lumpur : Government Printer.
- Malaysia, 1986, *Second Malaysia Plan 1986-1990*, Kuala Lumpur : Government Printer.
- Malinvaud E., 1994, *Leçons de Macro-économie*, Seuil, Paris.
- Mandelbrot B., 1963, « The Variation of Certain Speculative Prices », *Journal of Business* 36(4) oct : 394-419.
- Mandelbrot B., 1966, « Forecasts of Future Prices, Unbiased Markets and « Martingale » Models », *Journal of Business* 39(1) : 242-255.
- Mandelbrot B., 1969, « Long Run Linearity, Locally Gaussian Process, H Spectra and Infinite Variances, *International Economic Review* 10(1) : 82-111.
- Mandelbrot B., 1971, « When can Price be Arbitraged Efficiently ? A Limit to the Validity of the Random Walk and Martingale Models », *Review of Economics and Statistics* 55(3) : 225-236.
- Mandelbrot B., 1997, *Fractales, hasard et finance*, Flammarion, Paris.
- Markovitch T., 1966, « L'industrie française de 1789 à 1964 », *Cahiers de l'ISEA*, 1966.
- Markowitz H.M., 1952, « Portfolio Selection », *Journal of Finance* 12 mars : 77-91.
- Mc Culloch J.H., 1986, « Simple Consistent Estimators of Stable Distribution Parameters », *Communications in Statistics-Computation and Simulation* 15 : 1109-1136.
- Mc Culloch J.H., 1994, « Numerical Approximation of the Symmetric Stable Distributions and Densities », Working Paper, oct., Ohio State University, Economic Dept.
- Miløj A., 1987, « A Contional Variance Model for Daily Deviations of an Exchange Rate », *Journal of Business Economic Statistics* 5 : 99-103.

- Muzzafar C., 1979, *The Protector*, Aliran, Penang.
- Myers R.J., 1994, « Time Series Econometrics and Commodity Price Analysis : A Review », *Review of Marketing and Agricultural Economics*. 62(2) : 167-181.
- Nellis J.R., 1986, «Public Enterprises in Sub-Saharan Africa», World Bank Discussion Paper n° 1, World Bank, Washington DC.
- Nelson Ch. et Ch. Plosser, 1982, « Trend and Random walks in Macro-economics Time Series », *Journal of Monetary Economics* 10.
- Nelson J., 1988, «The Political Economy of Stabilization : Commitment, Capacity, and Public Response», in Bates R. (éd.), 1988, *Toward a Political Economy of Development : A Rational Choice Perspective*, University of California Press, Los Angeles and Berkeley : 80-130.
- Newberry D.M.G. et J.E. Stiglitz, 1981, *The Theory of commodity price stabilization*, Clarendon Press.
- Nishimura K. et G. Sorger, 1996, « Optimal Cycles and Chaos : A Survey », *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 1 : 11-28.
- Nolan J.P., 1997, « Maximum Likelihood Estimation of Stable Parameters », Working Paper, mai, Department of Mathematics and Statistics, American University, Washington, D.C.
- Oil World*, hebdomadaire, mensuel, annuel, ed. Mielke, Hambourg.
- Oléagineux*, mensuel, Paris.
- Osborne M.M., 1959, « Brownian Motion in the Stock Market », *Operation Research* 7 mars-avril : 145-173.
- Perron P., 1989, « The Great Crash, the Oil Price Shock and the Unit Root Hypothesis », *Econometrica*, novembre.
- Peters E.E., 1994, *Fracal Market Analysis*, John Wiley & Sons.
- Phang Hooi Eng, 1992, «Evaluation of Trade Policies in Peninsular Malaysia», *The Developing Economies*, XXX-2 (juin) : 117-131.
- Pletcher J., 1991, «Regulation with Growth : The Political Economy of Palm Oil in Malaysia», *World Development*, vol. 189, n° 6 : 623-636.
- Pohjola H.M., 1981, « Stable, Cyclic and Chaotic Growth : The Dynamics of a Discrete Time Version of Goodwin's Growth Cycle Model », *Zeitschrift für Nationalökonomie* 41.
- Popkin B.M. *et alii*, 1996, « Stunting is associated with overweight in children of four nations that are

- undergoing the nutrition transition », *J Nutri* 126 : 3009-3016.
- Poterba J. et L. Summers, 1988, « Mean Reversion in Stock Returns : Evidence and Implications », *Journal of Financial Economics* 22 : 27-60.
- Raymond W.D., 1961, «The Oil Palm Industry», *Trop. Sci* 3 (69).
- Reinhart C.M. et P. Wickham, 1994, « Commodity Prices : Cyclical Weakness or Secular Decline? », *IMF Staff Papers* 41 (2), juin : 175-213.
- Saari D.G. et C. Simon, 1978, « Effective Price Mechanisms », *Econometrica* 46 : 1097-1125.
- Saari D.G. et S. Williams, 1986, « On the Local Convergence of Economic Mechanisms », *Journal of Economic Theory* 40 : 152-167.
- Saari D.G., 1985, « Iterative Price Mechanisms », *Econometrica* 53 : 1117-1131.
- Sahathavan Meyanathan, 1989, «Adjustments in The Palm Oil Industry of Malaysia», in Tan Loong Hoe J. Et Shankar Sharma, 1989.
- Samuelson P.A. et W. Nordhaus, 1989, *Economics*, 13^{ème} éd. McGraw-Hill : New-York.
- Samuelson P.A., 1947, *Foundations of Economic Analysis*, éd. Révisée en 1983, Harvard University Press : Cambridge MA.
- Samuelson P.A., 1965, «Proof that Properly Anticiped Prices Fluctuate Randomly», *Industrial Management Review* 6 : 41-49.
- Sang Bin Lee et Ki Yool Ohk, 1992, « Stock Index Futures Listing and Structural Change in Time-Varying Volatility », *The Journal of Futures Market* 12(5) : 493-509.
- Schad H., 1914, «Die geographische Verbreitung der Ölpalme (*Elaeis guineensis*)», *Tropenpflanzer* 18 : 359-391 ; 447-462.
- Schaller H. et S. Van Norden, 1997, « Regime switching in stock market returns », *Applied Financial Economics* 7 : 177-191.
- Schnapper B., 1961, *La politique et le commerce français dans le Golfe de Guinée de 1838 à 1871*, Mouton, Paris.
- Schwert G.W., 1989, « Business Cycles, Financial Crisis and Stock Volatility, *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 31 : 83-126.
- Shamsul A.B., «The Economic Dimension of Malay Nationalism», *The Developing Economies*, XXXV-3 (sept.) : 209-39.

- Shiller, 1989, *Market Volatility*, MIT Press, Cambridge Mass.
- Shultz Th. (éd.), 1978, *Distorsions of Agricultural Incentives*, Indiana University Press, Bloomington IN.
- Snodgrass D.R., 1980, *Inequality and Economic Development in Malaysia*, Oxford University Press, Kuala Lumpur.
- So J., 1987, « The Sub-Gaussian Distribution of Currency Futures : Stable Paretian or Non-stationary ? », *Review of Economics and Statistics* 69 : 100-107.
- Société d'Etudes pour le Développement Economique et Social (SEDES), 1964, *Le Marché des oléagineux tropicaux*, Ministère de la coopération.
- Sola M. et J. Driffill, 1994, « Testing the term structure of interest rates using a stationary vector autoregression with regime switching », *Journal of Economic Dynamics and Control* 18 : 601-628.
- Steinberg D.J. (éd.), 1987, *In Search of Southeast Asia*, Allen & Unwin, Australia.
- Stilliard N.H., 1938, «The Rise and Development in Legitimate Trade in Palm Oil with West Africa», Thèse, Université de Birmingham, citée par Hartley (1967).
- Stubbs R., 1974, *Counter-Insurgency and the Economic Factor*, Singapore, ISEAS.
- Stuyvenberg J.H. Van (ed.), 1969, *Margarine, An economic, social and scientific history, 1869-1969*, Liverpool University Press.
- Szpiro D., 1998, « Information et vitesse de réaction du marché boursier en continu », *Economie Politique* 49(2) : 487-526.
- Takens F., 1980, « Detecting Strange Attractors in Turbulence » in Rand D. and L. Young (éd.), 1980, *Dynamic Systems and Turbulence*, Lecture Notes in Mathematics n° 898, Springer-Verlag, Berlin.
- Tan Loong Hoe J. et Shankar Sharma, 1989, *Trade, Protectionism, and Industrial Adjustment in Vegetable Oils*, Field Report Series n° 23, Institute of Southeast Asian Studies.
- Tan Loong-Hoe, 1981, «The State and the Distribution of Wealth within the Malay Society in Peninsular Malaysia», *Southeast Asian Affairs*, 1981 : 217-232.
- Tate D.J.M., 1996, *The RGA History of the Plantation Industry in the Malay Peninsula*, Oxford University Press, Kuala Lumpur.
- Tavéra C., 1991, « Tests de racine unité et stationnarisation des séries non stationnaires : présentation générale et application au cas des séries agricoles », *Economie et Prévision* 3 (99) : 67-80.
- Timmer C.P., 1986, *Getting Prices Right*, Cornell University Press, Ithaca NY.

- Tong H., 1990, *Nonlinear Time Series : A Dynamical System Approach*, Oxford University Press.
- Tong H., 1995, « A personal Overview of Nonlinear Time Series Analysis from a Chaos Perspective », *Scandinavian Journal of Statistics* 22 : 399-445.
- Tordjman H., 1997, « Spéculation, hétérogénéité des agents et apprentissage, un modèle de « marché des changes artificiel » », *Revue économique* 48(4) : 864-897.
- Torii T., 1997, «The New Economic Policy and the United Malays National Organization», *The Developing Economies*, XXXV-3 (sept.) : 209-39.
- Toutain J.-C., 1961, « Le produit de l'agriculture en France de 1789 à 1964 », *Cahiers de l'ISEA* Suppl N° 115.
- Toutain J.-C., 1971, « La consommation alimentaire en France de 1789 à 1964 », *Cahiers de l'ISEA*, tome V, n. 11.
- Toutain J.-C., 1997, « Le Produit Intérieur Brut – PIB - de la France, 1789-1997 », *Economie et Société* (série HEQ) n.1, novembre.
- Turner C.M., Startz R. et C.R. Nelson, 1989, « A Markov Model of Heteroskedasticity, Risk and Learning in the Stock Market », *Journal of Financial Economics* 25 : 3-22.
- Verley P., 1997, *L'Echelle du monde, essai sur l'industrialisation de l'Occident*, Gallimard, Paris.
- Vilasuso J., 1996, « Tests for Nonlinearity in EMS Exchange Rates », *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 1(3) : 155-168.
- Volterra V., 1931, *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie*, Gauthier-Villars, Paris.
- Waddell H.M., 1863, *Twenty-nine years in the West Indies and Central Africa*. Cité par Hartley (1967).
- Walras L., 1900, *Eléments d'économie politique pure*, édition définitive, nouveau tirage par la Librairie générale de Droit et de Jurisprudence, Paris, 1952.
- Walter C., 1996, «Marchés financiers, hasard et prévisibilité», in Scheps R. et alii, 1996, *Les sciences de la prévision*, Seuil, Paris : 125-146.
- Warne A., 1997, « Estimation of Vector Autoregressive Models with Changes in Regime via the EM Algorithm », Gauss Codes, HES Stockholm University.
- White H., 1987, « Specification testing in dynamics models », in *Advances in Econometrics, Fifth World Congress* vol. II, ed. T.F. Bewley, Cambridge University Press : Cambridge.

Wilson Ch., 1954, *The History of Unilever. A study in economic growth and social change*, Cassell & Company Ltd, Londres.

Wolf A., Swift J.B., Swinney H.L. et J.A Vastano, « Determining Lyapunov Exponents from a Time Series », *Physica*, 1985, 16D, pp. 285-317. Wong Tai Chee, 1990, « Industrial Development, the New Economic Policy in Malaysia, and the International Division of Labour », *ASEAN Economic Bulletin* vol. 7, n° 1 : 106-119.

Woodford M., 1989, « Imperfect Financial Intermediation and Complex Dynamics », in Barnett W., Geweke J. et K. Shell, *Economic Complexity : Chaos, Sunspots, Bubbles and Nonlinearity*, Cambridge University Press : 309-334.

Zajdenweber D., 1976, *Hasard et prévision*, Economica.

Zajdenweber D., 1994, « Propriétés auto-similaires de l'indice CAC 40 », *Revue d'économie politique* 104(2/3) : 407-434.

Zajdenweber D., 1995, « Risque et rationalité en période de crise : le cas des intermédiaires financiers », *Revue d'Economie Politique* 105(6) : 920-936.

Zeven A.C., 1967, « The Semi-Wild Oil Palm and its Industry in Africa », *Agr. Res. Rpts* 689.

Ziemen K., 1985, « Almost Sure Invariant Principle for Some Maps of an Interval », *Ergodic Theory and Dynamical Systems* 5 : 625-640.